The technology of exiting the human body and the foundations of the supercivilization theory

---

Inimese kehast väljumise tehnoloogia ja ülitsivilisatsiooniteooria alused

Company: MLK Technology and Science Ltd

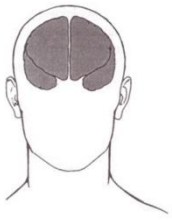
Date and location: June 2025, Tallinn, Estonia (EE), European Union (EU).

Author (including graphic design): Marek-Lars Kruusen

Official website: https://www.technologyandscience.eu

ISBN 978-9916-9659-7-9

All rights reserved. This (literary and visual) work is protected by copyright and international law. No part of this work may be reproduced by mechanical or electronic means or used in any other way, including photo reproduction and information storage presented in the work, without the permission of the copyright owner (i.e. the author of the given work). Unauthorized reproduction and distribution, or parts thereof, may result in severe civil and criminal penalties, subject to the maximum statutory penalty. The author can be contacted by email: *univisioon@gmail.com* or *mlk@technologyandscience.eu*.



Marek-Lars Kruusen's

technology and science

„Inimese enda olemasolu on suurim õnn, mida tuleb tajuda.“

Foto allikas: „Inimese füsioloogia“, lk. 145, R. F. Schmidt ja G. Thews, Tartu 1997.

Maarjamaa

Copyright 2012-2025

Sissejuhatuseks

Inimese kehast väljumise füüsikateooria kirjeldab ja uurib inimese kehavälise oleku reaalset võimalikkust, mis on esimene osa ülitsivilisatsiooniteooriast ehk ÜTT-st. Teine osa kirjeldab ja uurib inimese kehavälise oleku mõju ühiskonnale ja tsivilisatsioonile tervikuna. Kui inimese kehast väljumise füüsikateooria aluseks on ajas rändamise füüsikateooria, siis ülitsivilisatsiooniteooria aluseks on inimese kehast väljumise füüsikateooria.

Ülitsivilisatsiooniteooria on teadusharu, mis püüab uurida inimese kehavälise oleku eksisteerimise võimalikkust ja selle sotsiaalset mõju inimühiskonnale ja tsivilisatsioonile tervikuna. Seetõttu tähistab termin „ülitsivilisatsioon“ sellist tsivilisatsiooni ehitust, toimimist ja taset, mille moodustavad kehavälised intellektid, mitte enam bioloogilised intellektid. Nii nagu bioloogilised inimesed on loonud tsivilisatsioone, nii ka kehavälised inimesed võivad moodustada tsivilisatsiooni. Kuna see teadusharu sisaldab terminit „tsivilisatsioon“, siis seega kasutatakse selliseid mõisteid, mis esinevad näiteks sotsiaal- ja humanitaarteaduslikes uurimisvaldkondades. Uurimismeetodid on pigem teoreetilist laadi, kuna puudub vaatluste või katsete võimaluse olemasolu.

Inimese kehast väljumise füüsikateooria näitab veenvalt meile seda, et kehast väljumist tekitav tehnoloogia oleks meie maailmale absoluutselt fundamentaalse mõjuga tehniline saavutus. Ainuüksi füüsikateooriast tulenevad väga palju selliseid aspekte, mis eristavad kehast väljumist tekitavat tehnoloogiat kõikidest teistest tehnilistest saavutustest, mis inimkond on kunagi välja mõelnud. Võrreldes kõige muu tehnilise saavutusega inimkonna ajaloos on inimese kehavälised võimed, omadused ja võimalused niivõrd erakordsed, et kõik muu ainult kahvatub selle kõrval. Inimese kehast väljumise füüsikateooriat ja ka tehnoloogiat võib käsitleda ülitsivilisatsiooniteooria osana. Kehast väljumisega kaasnevad võimalused mõjutaksid peaaegu kõiki inimese tegevusvaldkondi. Selleks kasutatakse sotsiaal- ja ühiskonnateadustes kasutatavad mõisteid nagu näiteks tsivilisatsioon, ühiskond, majandus, kultuur, poliitika, religioon ja tehnoloogia.

Ülitsivilisatsiooniteooria etendab maailma teaduses kahte peamist rolli. See tähendab seda, et ülitsivilisatsiooniteooriat ehk lühidalt ÜTT-d on võimalik käsitleda kahest erinevast vaatenurgast.

Esiteks, ülitsivilisatsiooniteooria on teadusfilosoofiline „ennustus“ või „nägemus“ sellest, et milline võiks olla mõistusliku elu kõrgeim arengu tase Universumis. See näitab seda, et kuhu viib lõpuks inimkonna või mistahes tsivilisatsiooni teaduse ja tehnoloogia areng, mis sai hoogu juurde pärast suurt tööstusrevolutsiooni 18. – 19. sajandi Inglismaal. Selles mõttes võib kogu ülitsivilisatsiooniteooriat käsitleda täiesti omaette olevana ehk inimkonna religioonidest lahus olevana.

Kuid teisest vaatenurgast lähtudes võib ÜTT-d käsitleda (s.t. „seostada“) inimkonna religioonisüsteemidega – olles niimoodi nende üheks põhialuseks. Näiteks maavälised tsivilisatsioonid võivad eksisteerida sellistena nagu on kirjeldatud ÜTT-s. Kristlaste pühakirjas Piiblis leiab rohkesti paralleele ja seoseid ülitsivilisatsiooni elukorralduse ja Jumala paradiisliku elu vahel. Piibli järgi on Maa inimese üheks elu eesmärgiks saada tagasi Jumala osadusse ehk „Maailmataju“ religiooniteooria tõlgenduse järgi elama maavälisesse ülitsivilisatsiooni. Inimkonna religioosne maailmapilt tuleneb religiooniteooria tõlgenduse järgi tulnukate tegevusest planeedil Maa, mille põhieesmärgiks on luua elu ja levitada Universumis ülitsivilisatsiooniteoorias kirjeldatavat elukorraldust.

Sõltuvalt eesmärgist jagunebki ülitsivilisatsiooniteooria kahe erineva käsitluse tõttu kaheks: ilmalikuks või vaimulikuks käsitluseks.

Kogu ülitsivilisatsiooniteooria jaguneb sisulises plaanis kaheks suureks uurimisharuks:

1. Inimese eksisteerimine ilma bioloogilise kehata

2. Tsivilisatsiooni/ühiskonna hierarhiline süsteem ja struktuur inimeste kehavälises olekus

Need kaks suurt haru ongi ülitsivilisatsiooniteooria põhilisteks uurimissuundateks ja teoreetiliseks aluseks. Nende kahe suure osaga tutvumegi nüüd järgnevalt lähemalt.

SISUKORD

SISSEJUHATUSEKS 2

1 SUUR SISSEJUHATUS INIMESE KEHAST VÄLJUMISE FÜÜSIKATEOORIASSE JA ÜLITSIVILISATSIOONITEOORIASSE 8

1.1 SISSEJUHATUS 8
1.2 KÕIGE TUNTUM SURMALÄHEDASE KOGEMUSEGA JUHTUM AJALOOS 9
1.3 SURMALÄHEDASE KOGEMUSE KÕIGE RASKEMINI SELETATAV ASPEKT 10
1.4 SLK KUI ERE JA ERGAS ELAMUS 11
1.5 MEDIAATORID MÖLLAVAD AJUS 14
1.5.1 Narkootilised ained 17
1.6 AJU SIGNAALID SUNNIVAD SÜDAME SEISKUMA 18
1.6.1 Surma pidurdamine 19
1.7 TUNNELID JA VALGUS 20
1.8 SURM KUI UNENÄGU 23
1.9 NELJANDIK AJUKAHJUSTUSE TÕTTU KOOMAS INIMESI ON TEADVUSEL 26
1.10 ELEKTRILINE AJUAKTIIVSUS PÄRAST SÜDAME SEISKUMIST 28
1.10.1 Eksperimendid 31
1.11 TAGASIVAADE MAISELE ELULE 31
1.12 REAALSED JA NÄILISED SURMALÄHEDASED KOGEMUSED 32
1.13 LÕPLIK JÄRELDUS 34
1.14 SURMALÄHEDASTE KOGEMUSTE UURIMISTE UUS PERSPEKTIIV 37
1.14.1 Ajas rändamise füüsikateooria alused 39
1.14.2 Valguse tekkimine aegruumi välises dimensioonis 41
1.14.3 Neurokiirgus 42
1.14.4 Teadvuse ja psüühika tekkimine „valgusväljas“ 45
1.15 SISSEJUHATUS ÜLITSIVILISATSIOONITEOORIASSE 47

2 INIMESE EKSISTEERIMINE ILMA BIOLOOGILISE KEHATA 48

2.1 INIMESTE KOGEMUSED KLIINILISES SURMAS 48
2.1.1 Inimese surm 50
2.1.2 Surmalähedased kogemused 52
2.1.3 Raymond Moody ja Kenneth Ring 53
2.1.4 Surmalähedaste kogemuste iseloomujooned 55
2.1.5 Surmalähedaste kogemuste ajaloolised uuringud 60
2.1.6 Surmalähedane kogemus on vaimuhaiguse ilming? 61
2.1.7 Ajukeemiast tingitud nähtused? 63
2.1.8 Surmalähedaste kogemuste tegelikkus 64
2.1.8.1 Inimese ajust põhjustatud kehavälised elamused 65
2.1.8.2 Miks inimese kehast väljumine peab olema siiski reaalne nähtus? 67
2.1.8.2.1 Skeptiliste teadlaste vastuväited Pam Reynoldsi juhtumile 71
2.1.8.2.2 Kontakt maavälise tsivilisatsiooniga 73
2.2 INIMESE KEHAST VÄLJUMISE FÜÜSIKATEOORIA LOODUSTEADUSLIK KÄSITLUS 74
2.2.1 Sissejuhatuseks 74
2.2.2 Teadvuse mõiste, asukoht ja virtuaalne tegelikkus 77
2.2.3 Aju lähitsooni ehk kvaasistatsionaarsed väljad 78
2.2.4 Teadvuse neurokorrelaadid 80
2.2.5 Laiendatud retikulotalaamiline aktivatsioonisüsteem 83
2.2.6 Aju energiasäästlikus 85
2.2.7 Aju ennustamisvõime 86
2.2.8 Aju statistilise andmetöötluse elemente 88
2.2.9 Unenäod 89
2.2.9.1 Unenägude tõlgendamine 91
2.2.9.2 Paradoksaalse une funktsioon 92
2.2.9.3 Aju noradrenergiline süsteem 94
2.2.10 Inimese ärkvel olek 95
2.2.11 Inimese mälu 96
2.2.12 Inimese ajusurm 97

2.2.13 Inimese südame tegevus ... 98
2.2.13.1 Süda bioelektrilise süsteemina ... 99
2.2.13.1.1 Elektrinähtused südames ... 99
2.2.13.1.2 Dipoolikihi potentsiaal ... 100
2.2.13.1.3 Elektrokardiogramm ... 102
2.2.13.1.4 Südameinfarkt ... 106
2.2.13.1.5 Allikas ... 107
2.2.14 Aju hapnikuvaegus ... 107
2.2.15 Valgus ... 109
2.2.16 Elektromagnetvälja ehk elektromagnetlaine füüsika ... 112
2.2.17 Aju lähitsooni ehk kvaasistatsionaarsed väljad ... 114
2.2.18 Väljade „eraldumine“ mateeriast ... 117
2.2.18.1 Inimese kehast väljumise füüsika ja ajas rändamise füüsika ... 117
2.2.18.2 Ajas rändamise füüsikateooria põhiseadus ... 118
2.2.18.3 Hyperruumi mõiste ... 132
2.2.18.3.1 Hyperruum ja „ajanool“ ... 133
2.2.18.4 Plancki aeg ja Plancki pikkus ... 136
2.2.18.5 Plancki pinna mõiste ... 138
2.2.18.6 Kvantgravitatsioon ... 139
2.2.18.7 Universumi piirid ... 141
2.2.18.8 Jäävuseseadused ... 145
2.2.18.9 Newtoni II seadus ja relatiivsusteooria ... 148
2.2.18.10 Universumi paisumine ja tume energia ... 149
2.2.18.10.1 Universumi paisumise mudel ... 155
2.2.18.11 Seisuenergia võrrand ... 158
2.2.18.12 Elektromagnetväli ... 161
2.2.18.12.1 Tuletise kommentaar ... 167
2.2.18.12.2 Matemaatiline märkus 1 ... 175
2.2.18.12.3 Matemaatiline märkus 2 ... 181
2.2.18.12.4 Diferentsiaaloperaatorid ... 193
2.2.18.13 Kvantväljateooria ... 195
2.2.18.13.1 Matemaatiline analüüs ... 198
2.2.18.14 Elektromagnetlaine ja aegruum ... 205
2.2.18.15 Ajas rändamise füüsika ja relatiivsusteooria ... 212
2.2.18.16 Albert Einsteini üldrelatiivsusteooria ... 218
2.2.18.17 Valguse tekkimine hyperruumi ehk väljaspool aegruumi ... 221
2.2.18.17.1 Footoni tekkimine hyperruumis: tõestus ... 226
2.2.18.17.2 Valetõlgenduste tekkimise oht ... 228
2.2.18.17.3 Mõisted ... 230
2.2.18.18 Hyperruum ja ajas eksisteerimine ... 231
2.2.18.19 Aja ja ruumi teisenemised erinevates dimensioonides ... 233
2.2.18.20 Elektromagnetlainete vektoriaalsus ... 236
2.2.18.20.1 Inimese ruumimõõtkava ... 245
2.2.18.20.2 Elektromagnetlainete vektoriaalsus: aegruumi kõveruse näitel ... 248
2.2.18.21 Valetõlgenduse tekkimise oht ... 252
2.2.18.21.1 Õige tõlgendusvõimalus: elektromagnetlainete mittehajuvus üksteisest ... 252
2.2.18.21.2 Vale tõlgendusvõimalus ... 254
2.2.18.22 Valguse tekkimine Universumi aegruumis ... 257
2.2.18.22.1 Valguse liikumiskiiruse mõistatus aegruumis ... 264
2.2.19 Väljade „eraldumine“ inimese närvikoest ... 267
2.2.19.1 Sissejuhatuseks ... 267
2.2.19.2 Neuroni ehitus ja elektriline talitlus ... 268
2.2.19.3 Neuronite sünapsite ehitus ja talitlus ... 270
2.2.19.4 Füüsikalised väljad sünaptilistes ühendustes ... 272
2.2.19.5 Ajulained ... 274
2.2.19.6 Sünkronisatsioon ajus ... 275
2.2.19.7 Aktsioonipotentsiaal ... 276
2.2.19.7.1 Retseptori- ehk sensoripotentsiaal ... 280
2.2.19.7.2 Sünaptilised ühendused ... 280
2.2.19.7.3 Lihasrakkude elektrilisest aktiivsusest ... 281
2.2.19.7.4 Allikas: ... 281
2.2.19.8 Elektriimpulsid ja tekkivad elektromagnetlained ... 281
2.2.19.9 Elektromagnetlainete tekkimised inimese närvisüsteemis ... 288
2.2.19.9.1 Elektromagnetlaine tekkimise mudel ... 290
2.2.19.9.2 Elektromagnetlainete liigitus ... 298
2.2.19.9.3 Matemaatiline analüüs 1 ... 300

2.2.19.9.4 Matemaatiline analüüs 2 308
2.2.19.9.5 LISA: Elektriliselt laetud kera 310
2.2.19.10 Teadvuse ja psüühika asukoha vahetuse teooria 315
2.2.19.10.1 Seosed ja paralleelid transhumanistide teooriast 320
2.2.19.10.2 Teadvuse ja psüühika asukoha vahetuse teooria puuduv lüli 323
2.2.19.10.3 Elektromagnetväli tavaruumis ja hyperruumis 325
2.2.19.10.4 Valgusvälja mõiste ja aegruumi väline dimensioon 326
2.2.19.10.5 Kõrgsageduslik ajuaktiivsus 329
2.2.19.10.6 Teadlaste skeptiline analüüs 335
2.2.19.11 Magnetuuringud 336
2.2.19.11.1 Sissejuhatus 336
2.2.19.11.2 Teised kuvandamismenetlused 337
2.2.19.11.3 Spinnide füüsika 337
2.2.19.11.4 Tuumamagnetresonants 339
2.2.19.11.5 Magnetkuvandus 341
2.2.19.11.6 Relaksatsiooniajad 342
2.2.19.11.7 Allikas: 344
2.2.19.12 Röntgenkuvandus 344
2.2.19.12.1 Röntgenaparaadid 345
2.2.19.12.2 Röntgenkuvandusmeetodid 356
2.2.19.12.3 Allikad: 363
2.2.19.13 Magnetkuvandus ja kehast väljumine 364
2.2.20 Inimese teadvuse eksisteerimine ainult väljade konfiguratsioonina 367
2.2.20.1 Sissejuhatuseks 367
2.2.20.2 Sarnasused ja erinevused 369
2.2.20.3 Erinevaid teadvuse aspekte töötlevad aju erinevad piirkonnad 371
2.2.20.4 Erinevaid teadvuse aspekte töötlevad „valgusvälja“ erinevad piirkonnad 374
2.2.20.5 Elektromagnetvälja elektri- ja magnetväli 378
2.2.20.6 Elektromagnetlainete ruumiline ulatus 383
2.2.20.7 Elektromagnetlainete omavaheline kommunikeerumine 384
2.2.20.8 Hyperruum ja tavaruum 385
2.2.20.9 Aegruumi intervall 391
2.2.20.10 Kvantpõimumine 396
2.2.20.10.1 Lainefunktsioon 398
2.2.20.10.2 Schrödingeri lainevõrrand 404
2.2.20.10.3 Aegruumi intervalli lakkamine 408
2.2.20.10.4 Matemaatiline analüüs 410
2.2.20.10.5 Kvantpõimumine 416
2.2.20.10.6 Spinnide matemaatika 426
2.2.20.10.7 Kvantpõimumine kvantmehaanikas 439
2.2.20.10.8 Tõestused 444
2.2.20.10.9 Kvantpõimumine toimub hyperruumis 447
2.2.20.11 Väljade liitumised 449
2.2.20.12 Inimese teadvuse ja psüühika tekkimine väljade süsteemis 454
2.2.20.12.1 „Impulsid“ väljade süsteemis 471
2.2.20.12.2 Telepaatia 478
2.2.21 Kehast väljumine kui „aegruumist väljumine“ 482
2.2.21.1 Inimese kehast väljumise kui „aegruumist väljumise“ teoreetilised tõendid 487
2.2.21.1.1 Kaaluta oleku seisund 492
2.2.21.1.2 Aegruumi tunnelid 494
2.2.21.1.3 Kehavälise oleku surematus 506
2.2.21.1.4 Nähtamatu mehe mõistatus 508
2.2.22 Kehast väljunud inimeste võimed ja omadused 526
2.2.22.1 Surmalähedane kogemus ja uni 527
2.2.22.2 Tagasivaade elule 528
2.2.22.3 Mälestused surmalähedastes kogemustes 529
2.2.23 Aju puhkepotentsiaaliseisund 533
2.2.23.1 Kunstlikult tekitatud kehast väljumine 538
2.2.23.1.1 Inimese kliinilisest surmast taaselustamine 540
2.2.24 Inimese kehast väljumise visualisatsioon 547

3 ÜLITSIVILISATSIOONITEOORIA: KEHAST VÄLJUMISE MÕJU ELUKORRALDUSELE 561

3.1 ÜLDINE SISSEJUHATUS 561
3.2 KUNST JA KULTUUR 562
3.2.1 Kunsti ja kultuuri mõiste 563
3.2.2 Kuidas ja millal tekkis kunst? 566

3.2.3 Psüühika ja kultuur ... *568*
3.2.4 Kõrgemad tundmused ... *570*
3.2.5 Inimese loovus ja andekus ... *571*
3.3 TSIVILISATSIOONI MÕISTE ... 574
3.4 TSIVILISATSIOONIDE LÜHIAJALUGU ... 576
3.5 INIMTSIVILISATSIOONI ELUKORRALDUS JA SELLE ÜLDINE ARENG ... 579
3.5.1 Lisa: robootika ja tööstuslike juhtimissüsteemide tootja Fanuc ... *585*
3.5.1.1 Fanuc'i ajalugu ... 586
3.6 ÜLITSIVILISATSIOONI ELUKORRALDUS ... 587
3.7 SIDE VÕIMALUSED ÜLITSIVILISATSIOONIS ... 591
3.7.1 Erinevad reaalsuse teisenemised kunstis ... *593*
3.8 ÜLITSIVILISATSIOONI MÕNED OLULISEMAD ASPEKTID ... 605
3.9 ELU SIGIMISVÕIME ... 606
3.10 VIHJED ÜLITSIVILISATSIOONI KOHTA UFOLOOGIAS ... 608
3.10.1 Mõisted „morphus", „amorphus" ja „crisostelis" ... *612*

KASUTATUD KIRJANDUS ... 617

1 Suur sissejuhatus inimese kehast väljumise füüsikateooriasse ja ülitsivilisatsiooniteooriasse

1.1 Sissejuhatus

Nüüdisaegne psühholoogia teadus on veendunud, et teadvus ja psüühika ei eksisteeri ilma ajuta. Inimese psüühika materiaalseks aluseks on inimese ajus esinev närvitalitlus. Võib öelda, et psüühika on aju funktsioon. Psüühiline tegevus tuleneb füsioloogilisest talitlusest inimese ajus. Sellised arusaamad on kogu teadusmaailmas üldtunnustatud.

> Siinkohal tuleb märkida seda, et mõisted psüühika ja teadvus ei ole samatähenduslikud. Psüühika mõiste on teadvuse mõistest palju avaram, hõlmates teadvusliku psüühika oma ühe osana. Kuid ka teadvuse mõiste ise ei ole ühetähenduslik, mis tähendab seda, et selle teaduslikul defineerimisel esineb palju erinevaid lähenemisviise ja rõhuasetusi. Teaduslik psühholoogia liigitab psüühilised nähtused kolme suurde rühma: psüühilised protsessid, psüühilised seisundid ja psüühilised omadused.
>
> Teadvus ja psüühika ei ole üks ja sama. Psüühika on laiem mõiste kui teadvus. Võib väita nii, et teadvus, mälestused ja ka tähelepanu on psüühika osad. Psüühika on kõige laiem mõiste defineerimaks inimese käitumist ja selle põhjusi. Psüühikat uurib psühholoogia, kuid teadvust uurib teadvuseteadus, mis on psühholoogia osa. Kunagi arvati, et teadvus ja tähelepanu on üks ja sama, kuid ka need on tegelikult eraldi seisvad psüühika osad ehkki üksteisega tihedalt seotud.

Kõrgematel selgroogsetel eluvormidel on närvisüsteem väga tugevalt diferentseerunud nagu näiteks lindudel ja imetajatel. Selliste eluvormide tundemärgid näitavad seda, et nende käitumine on teadlik. Kuid nendele omased käitumisviisid puuduvad üldse või esinevad ainult osaliselt (mis võivad olla ka ebamäärased) sellistel eluvormidel, mille närvisüsteem ei ole nii väga diferentseerunud. Sellest teebki teadus järelduse, et teadvus on seotud komplekssete neuronstruktuuridega. See annab mõista, et väljapool neuronstruktuure teadvust ei eksisteeri. Teadus aktsepteerib seda, et teadvus eksisteerib ainult kortikaalsete ja subkortikaalsete struktuuride koostöös, mitte aga kumbagi struktuuris üksinda.

Kuid meditsiinis on olemas sellised nähtused, mis lükkavad ümber arusaamad, et teadvus (psüühika) ei saa eksisteerida ilma ajuta. Selliseid nähtusi, mida nimetatakse surmalähedasteks kogemusteks ehk lühidalt SLK-deks, uurib kehast väljumise füüsikateooria.

Enamikes surmalähedaste kogemuste kirjeldustes on selgelt näha kombinatsiooni surmalähedastest ja kehavälistest kogemustest. Neuroteadus on püüdnud seletada neid kahte aspekti eraldi, mitte aga seotult koos. Kuid näiteks Pam Reynoldsi juhtumi korral tekkisid need nähtused siiski koos, mitte eraldi. Inimese kehaväliseid kogemusi ja surmalähedasi kogemusi ei saa võtta päris üks ühele. Inimese kehaväline kogemus sisaldab endas ainult kehast väljumist ja ei midagi muud. Kuid samas surmalähedane kogemus sisaldab endas peale kehast väljumise ka veel palju muid aspekte nagu näiteks surnute „hingede“ nägemist, valgustunnelit, ilusaid maastikke ja õndsuse tunnet. Surmalähedane kogemus sisaldab endas kehast väljumist, kuid see on tunduvalt laiem ja mitmekülgsem nähtus kui lihtsalt üks tavaline kehaväline kogemus. Selles mõttes on need kaks mõnes mõttes erineva sügavusega ja haardega nähtust.

Inimese kehast väljumise füüsikateooria kirjeldab ja uurib inimese kehavälise oleku reaalset

võimalikkust, mis on esimene osa ülitsivilisatsiooniteooriast ehk ÜTT-st. Teine osa kirjeldab ja uurib inimese kehavälise oleku mõju ühiskonnale ja tsivilisatsioonile tervikuna. Inimese kehast väljumise füüsikateooria aluseks on ajas rändamise füüsikateooria, kuid ülitsivilisatsiooniteooria aluseks on inimese kehast väljumise füüsikateooria.

Kehast väljumise teooria uurimismeetodid on omased teoreetilisele teadusele, kuna puudub otseselt vaatluste või katsete võimaluse olemasolu, mis on muidu igasuguse teadusvaldkonna aluseks. Teoreetilise teaduse aluseks on argumentatsioon. Seetõttu sarnaneb antud valdkond teoreetilise füüsikaga. Rangemalt käsitledes on inimese kehast väljumise füüsikateooria teadusvaldkond, milles puutuvad kokku neuroteadus, psühholoogia ja teoreetiline füüsika. Seega on tegemist piiriteadusega, mida on raske katseliselt kontrollida. Näiteks stringiteooria on füüsika teaduse haru, mis uurib ja kirjeldab materiaalset maailma 11-ne mõõtmelises aegruumis. See kuulub teoreetilise füüsika valdkonda ja seega on tegemist teadusliku uurimisvaldkonnaga ehkki katseid ega vaatlusi ei saa stringiteoorias otseselt teha. Inimese kehast väljumise füüsikateooria uurib ja kirjeldab inimese kehavälise oleku reaalset võimalust, mille korral ei minda vastuollu olemasolevate katseliselt tõestatud füüsikateooriatega. Kehast väljumise mõistmiseks luuakse terve rida uusi füüsikateoreetilisi arusaamasid, mille põhjal on võimalik teha tulevikus katseid nende tõestamiseks.

Käesolevas töös esitatakse inimese kehast väljumise füüsikateooria ja sellest tuleneva ülitsivilisatsiooniteooria kõige põhilisemaid avastusi, arusaamasid ja seisukohti, milleni on jõutud pika ja põhjaliku uurimise käigus. Kuid tuleb rõhutada, et käesolev töö on siiski ülevaatliku või sissejuhatava formaadiga, kuna kirjeldatavad teoreetilised kontseptsioonid on tegelikult palju mahulisemad, keerulisemad ja nüansirikkamad kui esmapilgul paistab. Sellest hoolimata annab käesolev töö hea ja põhjaliku ülevaate inimese kehast väljumise füüsikateooria põhisisust ja ülitsivilisatsiooniteooria olemusest. Alguses on pandud väga suur rõhk ajukesksete teooriate ümberlükkamisele, kuid sellest minnakse sujuvalt üle alternatiivsele kehast väljumise seletusele, mis kirjeldab inimese kehavälise oleku võimalikkust elektromagnetväljana aegruumi välises dimensioonis.

Surmalähedaste kogemustega juhtumite kontekstis võib kasutada kahte erinevat mõistet, mis üksteisega sarnanevad, kuid sisult on erinevad: tehisintellekti ja kehavälise intellekti mõiste. Tehisintellekti mõistet kasutatakse arvutite, programmeerimise ja robotite valdkonnas, mille korral luuakse teadvus tehislikult arvutiprogrammidega. Sellist tehisteadvust võivad omada robotid ja androidid. Tehisintellekt võib eksisteerida ka lihtsalt arvutis, mille korral saab inimene sellega suhelda. Kuid kehaväline intellekt ei ole tehisintellekt. Kehavälise intellekti mõistet kasutatakse siis, kui inimene eksisteerib kehavälises olekus. See ei ole seotud robotitega ega mingite muude mehhatrooniliste olenditega.

Surmalähedasi kogemusi võib lühidalt tähistada akronüümiga: SLK. Ülitsivilisatsiooniteooria lühendiks on enamasti ÜTT. Kuid erinevatesse keeltesse tõlgituna võivad sellised akronüümid erineda võrreldes eelnevalt väljatoodud lühenditega. Näiteks eesti keeles on surmalähedaste kogemuste lühendiks SLK, kuid inglise keeles on see enamasti NDE. Ülitsivilisatsiooniteooria korral on see vastavalt ÜTT ja TSC (theory of supercivilization) või SCT (supercivilization theory).

1.2 Kõige tuntum surmalähedase kogemusega juhtum ajaloos

Robert Spetzler oli ajukirurg, kes teostas ühte väga keerulist operatsiooni. Tema patsiendiks oli 35 aastane Pam Reynolds, keda ei saanud tavalisel meetodil narkoosi viia. Tuimestuse asemel jahutas ta naise kehatemperatuuri kõigest 16 Celsiuse kraadini. See aga põhjustab patsiendi südame seiskumise. Tema aju ei saanud lõikuse ajal enam hapnikku. Naine sattus kliinilisse surma. Lõikus õnnestus kirurgil suurepäraselt ja seejärel soojendas ta patsiendi keha aja jooksul normaalse kehatemperatuurini. Kogu operatsioon oli läinud väga hästi ehkki oli tegemist väga keerulise ja pika

operatsiooniga.

Kui aga Pam Reynolds hiljem teadvusele tuli, sai kirurg äärmiselt ootamatu kogemuse osaliseks. Patsient oli mõista andnud, et ta oli kogu operatsiooni ajal olnud mingil moel ärkvel ja saanud jälgida arstide ja kirurgi tegevust. Naine kirjeldas väga täpselt ja detailselt oma keha kallal tehtud meditsiinilisi toiminguid. Näiteks lõikuse ajal kasutati kirurgisaagi, mille abil saeti patsiendi kolju lahti. Naine oskas väga hästi imiteerida selle sama sae vilisevat heli. Naine kirjeldas, et pärast seda protseduuri väljus ta oma kehast justkui pea kaudu. Sellest hetkest alates oli naine hõljunud lae all, kust sai eemalt jälgida õdede ja kirurgi toiminguid. Dr Spetzler üllatus patsiendi kitsaste veresoonte üle, mistõttu tema üllatavat väljendamist oli kuulnud ka naine ise. Naine oskas detailselt kirjeldada kõiki meditsiinilisi instrumente, mida kasutati 7 tunnise operatsiooni jooksul. Kõik need kirjeldused, mida naine oli kirurgile öelnud, näitavad, et naine oli ärkvel ja sai jälgida kõike seda, mida tehti lõikuse ajal ehkki patsiendi ajuaktiivsus oli sellel ajal lakanud ja silmad olid suletud.

Pam Reynoldsit opereeriti 1991. aastal USA Arizona osariigi Phoenixi linna haiglas. Selle naise juhtum on meditsiini ajaloo üks paremini dokumenteerituid surmalähedase kogemuse juhtumeid. Tänaseks võib kindlalt väita, et üldine teaduslik konsensus surmalähedaste nähtuste uurijate seas on selline, et Pam Reynoldsi registreeritud surmalähedane kogemus kujutab endast tõsist probleemi materialistliku maailmavaate jaoks. Tunnustatud anestesioloogi Woerlee katse seda materialistlikult seletada ei saa olla objektiivselt ainuõige tõlgendusviis, kuna ta ei suuda nähtuse kõiki aspekte täielikult arvesse võtta.

Surmalähedased kogemused ehk SLK-nähtused esinevad inimese kliinilise surma ajal, mille korral on ajutiselt seiskunud inimese süda. Süda on vajalik ajule vere pumpamiseks, mille kaudu saab aju hapnikku. See on aju peamine energiaallikas. Inimese elutegevuses ei lakka aju üldine aktiivsus mitte kunagi. Ainult ajulainete sagedused võivad erinevate ajuseisundite jooksul (näiteks narkoos, uni, sügavuni jne) muutuda, kuid mitte kunagi lakata. Kliinilises surmas on lakanud aju üldine aktiivsus, kuna enamasti aju ei saa siis enam verd. Sellisel juhul esineb aktiivsus (ehk neuronite laenglemine) ainult väga väga lokaalsetes ajupiirkondades. Kui on lakanud aju kogu aktiivsus (isegi lokaalsed ajupiirkonnad), siis on tegemist ajusurmaga (ehk inimese bioloogilise surmaga). Kliinilisest surmast on inimest võimalik elustada, kuid bioloogilisest surmast enam mitte.

1.3 Surmalähedase kogemuse kõige raskemini seletatav aspekt

Inimese surmalähedased kogemused on väga tugevad psüühilised elamused, mis sisaldavad endas müstilisi elemente. Seda laadi kogemused avalduvad siis, kui inimene on sattunud surmaeelsesse seisundisse. Selline seisund viib inimese väga suure kehalise stressi ja emotsionaalse pinge alla. Kõige rohkem surmalähedasi kogemusi esineb siis, kui inimesel tekib akuutne südameseiskumine. Akuutne südameseiskumine on väga äge, kuid lühiajaline südame seiskumine. Südame seiskumise korral satub inimene kliinilisse surma, mille tulemusena on patsiendi aju jäänud mõneks minutiks ilma hapnikuta. Surmalähedasi kirjeldusi räägivad umbes 10 % patsientidest (seega mitte kõik), kes on olnud kliinilises surmas ja sealt tagasi ellu ärganud. Nende kirjeldused on väga sarnased Pam Reynoldsi juhtumi omaga: nad on saanud näha selgelt oma ümbruskonda ja nende tähelepanu oli eriliselt terav.

Pikka aega suhtusid teadlased surmalähedastesse kogemustesse skeptiliselt ja pidasid neid kirjeldusi isegi puhtaks fantaasiaks. Kuid hiljutiste uuringute taustal usuvad teadlased, et neid uskumatuid kogemusi võivad tekitada keemilised virgatsained ehk mediaatorid, mis edastavad ajus edasi närvierutust ühest neuronist teise. Mediaatorid vallanduvad neuronite sünapsites. Surmalähedastes kogemustes nähakse müstilisi tunneleid, värviküllaseid maastikke ja kehast väljumist. Neid kõiki võib tekitada just keemilised protsessid inimese ajus vahetult enne surma.

Seni võis surmalähedasi kogemusi pidada sureva aju viimasteks funktsioonideks või lihtsalt

hallutsinatsioonideks, mida siis inimese surev aju tekitab. Et aga sellise arusaamaga lõplikult nõustuda, tuleb uurimusse arvesse võtta ka sellised aspektid, mille korral inimene näeb enda elustamiskatseid kõrvalt. Sellised aspektid sunnivad ümber lükkama praegusi oletusi selle kohta, et miks ikkagi tekivad surmalähedased kogemused. Need aspektid on selle nähtuse juures kõige raskemini seletatavad ja sellepärast ei saa kuidagi surmalähedasi kogemusi pidada sureva aju illusioonideks. Neid aspekte arvestades saab tulla ainult sellisele järeldusele, et teadvus on tõepoolest võimeline inimese kliinilise (ja seega ka bioloogilise) surma ajal närvikoest eralduma.

Teadlastele ja meedikutest praktikutele kõige raskemini selgitatav element surmalähedaste kogemuste puhul on kehavälised elamused. Käesoleval ajal ei ole ühtegi teaduslikku seletust (välja arvatud inimese kehast väljumise füüsikateooria) sellest, et kuidas inimesed, kes teatavad oma kehavälistest kogemustest, on võimelised andma nii detailseid ülevaateid selle kohta, mida meditsiiniline personal nende elustamise ajal rääkis või tegi. Veel üllatavamad on hämmastavalt täpsed ülevaated kehavälistest elamustest, mille puhul inimesed on võimelised kirjeldama seda, mis juhtus kusagil mujal, samal ajal nende füüsiline keha lamas haigla operatsioonisaalis. Surmalähedaste kogemuste kirjeldustes esineb väga sageli aspekt, mille korral näeb inimene surnud olles enda elustamisprotseduure kõrvalt, mida ta ka hiljem arstidele jutustab ja need omakorda kinnitavad tema jutte.

Inimene pidi reaalselt kehast väljuma, et selliseid asju kirjeldada. Selle teaduslikud järeldused on üsna ühesed, kuid vastukriitika seisneb selles, et kas neid „elustamiskatsete lugusid“ tasub üldse uskuda. Kuna selline aspekt sisaldub surmalähedastes kogemustes, mille korral inimene näeb surnud olles enda elustamisprotseduure pealt ja saadud adekvaatset informatsiooni saavad arstid pärast elustamist kinnitada, siis peab seda uuringutes arvestama, sest muidu ei tasuks uskuda ka üldist surmalähedaste kogemuste jutte, mis on aga praktiliselt võimatu.

Surmalähedaste kogemuste juhtumite korduv iseloom seisnebki selles, et patsient näeb kõrvalt enda elustamiskatseid, kui ta viibib parajasti kliinilises surmas. Juhtumite selline aspekt on ajas korduv ja seetõttu on seda võimalik ka objektiivselt kontrollida. See tähendab seda, et nähtus ise kordub ajas, mitte inimene ise ei korda seda ajas. Selles mõttes on teaduse falsifitseeritavuse aspekt osaliselt täidetud: nähtuse olemus on ajas korratav, kuid mitte inimese enda poolt. Näiteks kogu maailmas elustatakse kuskil inimesi kliinilisest surmast peaaegu iga päev ja nendelt inimestelt saadud tunnistused sisaldavad antud aspekti. See tähendab seda, et kui inimene on sattunud pärast mõnda rasket haigust või ränka õnnetust kliinilisse surma, siis pärast tema taastumist (ehk pärast tema elustamist) on võimalik saada tunnistusi tema kogemustest, mis toimusid parajasti tema kliinilise surma ajahetkel. Seda võivad kinnitada ka elustamiskatsete juures viibivad isikud. Enamasti need juhtumid sisaldavadki antud aspekti.

Mõned autoriteetsed teadlased seletavad surmalähedasi kogemusi aga süsinikdioksiidi taseme tõusuga veres. See tähendab seda, et on leitud tugev seos surmalähedaste kogemuste tajumise ning vere kõrgenenud süsinikdioksiidi ning vähesel määral ka kaaliumi taseme vahel. Paljud teadlased on pidanud võimalikuks ka seda, et patsient võis tulla lühikeseks ajaks teadvusele või võis ta poolenisti teadvuslikult midagi tunda. Võimalikuks on peetud sedagi, et patsiendile võisid hiljem õed või arstid midagi rääkida. Mõned teadlased on arvamusel, et patsientide kirjeldused võivad olla nii üldised, et sobivad ükskõik millise situatsiooniga. Kuid see ei seleta ikkagi sellist asjaolu, et kui inimene on kliiniliselt surnud, näeb ja kuuleb samal ajal seda, mis elustamisruumis parajasti toimub. Sellest järeldub, et süsihappegaas võib küll muuta inimese aju keemilist tasakaalu, kuid ilmselgelt ei seleta see ära kehaväliseid elamusi, mille korral inimene näeb surnud olles kuidas meedikud teda parajasti elustada püüavad. Kui inimene saab midagi teada sellel ajal toimunud tegevuse kohta, mil ta oli kliiniliselt surnud, siis see tegelikult tõestabki selle nähtuse reaalset eksisteerimist, mida paljud skeptiliselt häälestatud maailma teadlased püüavad lihtsalt ignoreerida.

1.4 SLK kui ere ja ergas elamus

Surmalähedasi kogemusi on uurinud näiteks Belgia Liege'i Ülikooli arst Steven Laureys. Ta on näiteks küsitlenud 21 patsienti, kes olid viibinud kliinilises surmas. Patsiendid kirjeldasid surmalähedasi kogemusi väga tugevalt tajutud elamustena, mis olid äärmiselt emotsionaalsed ja mille ajal toimisid meeled väga intensiivselt ning erksalt. Seetõttu on surmalähedased kogemused palju intensiivsemad võrreldes tavamälestustega. Siinkohal peab märkima, et küsitletud patsiendid ei omanud teistest inimestest kuidagi erilisemat tundlikkust või suuremat empaatiavõimet, sealhulgas ka tavamälestused ei olnud teiste inimeste omadest kuidagi erilisemad või teistsugusemad.

Patsiendid kirjeldavad surmalähedasi kogemusi väga tugevalt tajutud elamustena, mis olid äärmiselt emotsionaalsed ja mille ajal toimisid meeled väga intensiivselt ning erksalt. See tähendab, et surmalähedased kogemused on palju intensiivsemad võrreldes tavamälestustega. Võrreldes tavaliste mälestustega on surmalähedased kogemused palju selgemad ja eredamad. Surma kogetakse palju intensiivsemalt võrreldes maise elu kogetavusega. Surmalähedase kogemuse korral töötavad meeled väga intensiivselt. Kõige uuemad teaduslikud uurimused näitavad, et inimese ajus suureneb vahetult enne surma plahvatuslikult virgatsainete hulk. Seetõttu usuvad paljud skeptilised teadlased, et selline asjaolu võibki seletada, et miks surma kogetakse palju intensiivsemalt võrreldes maise elu kogetavusega. Näiteks aju nägemiskeskuse ja otsmikusagara keemiline aktiivsus suureneb vahetult enne surma mitmekordseks. Ajus plahvatab vahetult enne surma keemiline tulevärk, mis võibki põhjustada väga intensiivseid surmaeelseid kogemusi. Näiteks rottide aju otsmikusagaras suureneb surma piiril noradrenaliini hulk 30kordseks võrreldes normaalse tasemega. Otsmikusagaras vallanduv noradrenaliin reguleerib teadvust, tähelepanu ja keskendumisvõimet. Teadlased usuvad, et suure mediaatoraine sisalduse tõttu tekib patsiendil surmasuus olles väga terav, selge ja tähelepanelik taju oma ümbruse jälgimiseks. Kuid sellisel üsna skeptilisel ja pealiskaudsel arvamusel on olemas kolm peamist vasturääkivust, mida me järgmises peatükis pikemalt analüüsime.

Surmalähedased kogemused (SLK-d) jäävad selle läbielanutele väga hästi meelde. Näiteks selle kogemuse detaile võivad inimesed mäletada isegi kümneid aastaid hiljem ja selle mõju inimese psüühikale ning isiksusele on pikaajaline ja mastaapne. Miks see nii on, ei osata veel täpselt selgitada. Kuid psühholoogiliselt võib hüpotiseerida, et kuna SLK nähtused on niivõrd uskumatud ja tähendusrikkad mistahes inimese mõistusele ja isiksusele, siis seetõttu jääbki see detailselt pikaks ajaks väga hästi meelde. See on psühholoogiliselt mõistetav. Näiteks kui inimene kohtuks metsas seenelkäigu ajal maa peale maandunud ufoga ja sellest välja hõljunud tulnukaga, siis ka selline sündmus jääks inimesele tõenäoliselt eluks ajaks meelde. See tähendab seda, et mida erakordsem, tähendusrikkam ja uskumatum on sündmus või elamus inimesele subjektiivselt, seda paremini ja pikaajalisemalt jäävad meelde sellega seotud detailid ehkki mälestused võivad aja jooksul muutuda.

Kuid mälupsühholoogid rõhutavad, et mälu on välistele mõjutustele väga vastuvõtlik (näiteks infole teistelt inimestelt või sotsiaalmeediast nähtule). Mälestused juhtunud sündmuste kohta pole inimeste mälus tegelikult püsivalt samad. See tähendab, et mälestused on pidevas muutumises.

Kui inimese mälestused aja jooksul muutuvad, siis seega võivad tekkida „valemälestused". Valemälestused on mälestused sündmustest ja elamustest, mida tegelikult ei ole olemas olnud. Siinkohal on märkimisväärne see, et SLK-de korral ei esine teadaolevalt valemälestusi. See tähendab, et inimeste mälestused SLK-de kohta jäävad enamasti tõetruudeks, mitte ei muutu aja jooksul. Üks põhjus sellisele järeldusele on see, et väga suur osa inimeste tagantjärele kirjeldustest SLK-de kohta kattuvad üksteisega väga täpselt. Võib üsna kindlalt väita, et SLK-d esinevad enamasti väga kindla „stsenaariumi" järgi, mistõttu saab teha järelduse, et inimeste mälestused SLK-de kohta ajas väga suuresti ei muutu, mis on jällegi huvitav fenomen SLK-de juures. Niisamuti ka sotsiaalsed ning kultuurilised mõjutused ei ole mänginud suurt rolli SLK-de sisu ja selle mäletamise muutumises. See tähendab, et inimeste kirjeldused SLK-de kohta on samasugused ka 80 aastat tagasi võrreldes tänapäeva juhtumitega. Kultuuriruum muutub ajas, kuid SLK-de sisu ja sügavam tähendus inimesele subjektiivselt ajas ei muutu. Võiks öelda, et hoopis SLK-d mõjutavad inimeste kultuuriruumi (ilukirjandus, teatrid, filmid, kinod jne), mitte vastupidi.

Laureys järeldas, et surmalähedast kogemust kogeb patsient tõepoolest, kuid sellest hoolimata ei ole tegemist reaalse sündmusega. See tähendab, et see on äärmiselt realistlik hallutsinatsioon. Ta

arvas, et võrreldes tavalise hallutsinatsiooniga ei ole surmalähedast kogemust võimalik eristada reaalsest toimunust ka tagantjärele täie teadvuse juures olles. Selline järeldus Laureys'i poolt ei ole siiski õige ehkki see paistab pealtnäha väga usutav. Põhjus seisneb selles, et aju loodud hallutsinatsioonidel ja surmalähedastel kogemustel on suuri erinevusi, millega peab arvestama. Laureys esitab selliseid argumente, mis on eelkõige tema enda isiklike vaadetega kooskõlas, jättes arvestamata erinevusi SLK-de ja hallutsinatsioonide vahel.

Nägemishallutsinatsioonide korral näevad inimesed objekte ja nähtusi, mida reaalselt tegelikult ei eksisteeri. Kuulmishallutsinatsioonid seisnevad reaalselt mitte eksisteerivate helide kuulmisele. See on analoogiline nägemishallutsinatsioonidega. Pettekujutluse korral on inimene absoluutselt veendunud selles, et ta on näiteks Jumal või Picasso. Skisofreenikud kannatavad ka mõtete seoste kadumise all. Neil on raskusi oma mõtete seostamisega – nad hüppavad teiste inimestega suheldes seosetult ühelt teemalt teisele.

Skisofreenia (ja alkoholi liigtarvitamise, depressiooni ning bipolaarse häirega) võib kaasneda psühhoos. See on psüühikahäire, mille tunnuseks on häiritud tegelikkuse ehk objektiivse reaalsuse tunnetus. Tegelikkuse tunnetuse häire aluseks on häired tajumises ja mõtlemises, mis avalduvad hallutsinatsioonidena ja luuludena. Sellisel juhul näeb, kuuleb või tajub inimene midagi, mida tegelikult ei ole olemas, kuid ta kujundab oma käitumise selle järgi, mida näeb. Kui kujutluses teda ähvardatakse, siis tajub ta seda reaalse ohuna. Luulude korral võivad inimesel olla veendumused, mis tegelikult ei vasta tõele (näiteks naaberkorteris sepitsetakse tema tapmist ehkki tegelikkuses seda aset ei leia). Sellisel juhul elab ta reaalses tajutud hirmus. Kuna psühhootiline inimene kujundab oma käitumise irreaalsete stiimulite põhjal, siis seega on ta sellises seisundis viibides piiratud teovõimega.

Skisofreenikutele teevad suurt piina see, et mida nad näevad või kuulevad või mida nad ei suuda teistele edasi jutustada. Sellised asjaolud muudavad haiguse ilmingu veelgi raskemaks ja paljud neist langevad sügavasse masendusse või depressiooni. Osa inimesi ei saa iseendaga hakkama ja seepärast pannaksegi nad hooldekodudesse. Kuid inimesed, kellel on olnud surmalähedasi kogemusi, on vastupidiselt nendele hoiakud ja ühiskondlik aktiivsus paranenud. Sellises seisundis on paljud inimesed näinud valgusolendeid, kuid mitte keegi ei ole ennast samastanud näiteks Jumalaga või Aleksander Suurega. Skisofreenilised nägemused on seosetud ja ilmuvad korduvalt, siis vastupidiselt nendele nähtustele on surmalähedased kogemused alati seostatud ja esinevad inimese kogu eluaja jooksul väga vähe kordi (s.t. ainult vahetult enne surma).

Osa meditsiiniteadlasi peavad kehaväliseid kogemusi (mis on samuti surmalähedaste kogemuste üks tunnusjooni) ka „autoskoopilisteks hallutsinatsioonideks". Sellised elamused ei ole eriti tuntud, kuid ajaloo jooksul on olnud nendest nähtustest kuulda saadud. Sellise hallutsinatsiooni ajal näeb inimene enda ees projektsiooni iseendast, mis on võrreldav kellegi teise inimese juuresolijaga. Meditsiin teab seda, et epilepsia või migreensete peavalude all kannatavad inimesed selle all üsna sageli. Sellistest hallustinatsioonidest on palju räägitud, kuid tuleb silmas pidada seda, et kehaväliste kogemuste ja autoskoopiliste hallutsinatsioonide vahel peitub siiski suur erinevus. Kehaväliste elamuste korral asub inimese tajumiskeskus väljapool inimese füüsilist keha, kuid autoskoopiliste hallutsinatsioonide korral inimene tajub enda projektsiooni oma füüsilisest kehast lähtudes. See on väga oluline vahe, mida tuleb arvestada. Eneseprojektsioon, mida inimene näeb, on tavaliselt kolmemõõtmeline ja mitte läbipaistev – täpselt nii nagu oleks tegemist pärisinimesega. Kuid kehaväliste kogemuste korral nähakse läbipaistvaid kehasid. Kehaväliste kogemuste korral on inimestel olnud võimalus liikuda ilma oma füüsilise kehata ringi ja anda ka selle kohta väga täpseid kirjeldusi, siis autoskoopiliste hallutsinatsioonide puhul inimesed ei saa selliseid kogemusi üle elada, sest nemad tajuvad hallustinatsioone oma füüsilisest kehast.

SLK nähtusi on püütud seletada ka hallutsinatsioonidena, mille vallandab näiteks väga tugev stress. See võib tekkida näiteks siis, kui inimese keha on sattunud äärmiselt ohtlikku olukorda, näiteks kliinilise surma või kooma seisundisse. Psühhiaatrias on teada üks väga harv sündroom, mida sageli stress esile kutsub. Seda esineb siis, kui kahe inimese psüühikad niiöelda „põimuvad". See on „jagatud häire", mida nimetatakse fraasiga „Folie à deux". Sellisel juhul jagavad kaks emotsionaalselt lähedast inimest üht ja sama hallutsinatsiooni. Sellist hallutsinatsiooni kujutavad ette samaaegselt kaks inimest. Kui stress võib tekitada juba nii keerulisi hallutsinatsioone, nagu

seda on jagatud häire, siis seega arvatakse, et stress võib tekitada ka SLK kogemusi, mida tegelikkuses ei eksisteeri. Kuid sellisel sündroomil on olemas niiöelda omad nõrgad kohad, mis küll ei puuduta otseselt SLK kogemusi. Näiteks selline sündroom võib esineda korraga maksimaalselt kahel või kolmel inimesel. Kuid selliseid juhtumeid, mille korral näevad näiteks sajad või isegi tuhanded inimesed ebamaiseid nähtusi (näiteks UFO-nähtused), jagatud häirega seletada enam ei saa. Peale selle võivad inimesed näha ebamaiseid nähtusi ka ilma stressi situatsioonita, kuid jagatud häire vallandajaks on enamasti ikkagi äärmuslik stress.

1.5 Mediaatorid möllavad ajus

Kas surmalähedased kogemused on keemilised tervitused teisest ilmast? Surmalähedaste kogemuste ühed peamised iseloomujooned on ere valgus pimeda tunneli lõpus, surnud sugulaste tervitused ja ülevoolav õnnetunne. Surmalähedased kogemused etendavad endas nö teises ilmas käimise kogemusena, millesse teadlased on kuni viimase ajani suhtunud väga skeptiliselt.
Kas on elu pärast surma? Kliinilisest surmast tagasi pöördunute inimeste kogemusi uurivad paljud neuroloogid. Neuroloogid on kindlad, et teise ilma lävepakul esinevaid müstilisi elamusi võib seletada ajukeemiaga.

Näiteks kõige uuemad teaduslikud uurimused selles valdkonnas näitavad, et inimese ajus suureneb vahetult enne surma plahvatuslikult virgatsainete hulk. Seetõttu usuvad paljud skeptilised teadlased, et selline asjaolu võibki seletada uskumatuid ja hingematvaid elamusi vahetult enne surma. Näiteks aju nägemiskeskus töötleb ja analüüsib silmadest tulenevaid närviimpulsse ehk visuaalset infot. Aju otsmikusagar töötleb, analüüsib ja juhib inimese teadvust ja mõtteid. Aju nägemiskeskuse ja otsmikusagara keemiline aktiivsus suureneb vahetult enne surma mitmekordseks. Kujundlikult väljendades plahvatab ajus vahetult enne surma keemiline tulevärk, mis võibki põhjustada surmaeelseid kogemusi.

Neuroteaduses kasutatavad mõisteid, nagu näiteks mediaatorained, regulaatorained, neurotransmitterid ja virgatsained, võib üldiselt pidada samatähenduslikeks mõisteteks. Mediaatorained on keemilised ühendid, mis vabanevad tegevuspotentsiaali tõttu närvilõpmetest ja muudavad teiste rakkude talitlust, seondudes retseptoritega. Lihtsamalt väljendades on mediaator ehk neurotransmitter keemiline aine, mille abil vahetab neuron teiste rakkudega informatsiooni. Neurotransmitter võib erituda näiteks sünapsis või erinevatest närvilõpmetest ja võetakse vastu presünaptilisse neuronisse ning aktiveeritakse ja/või inhibeeritakse postsünatilise neuroni retseptorite poolt. Täpsemalt öeldes toimub ühe närviraku presünaptilises osas vesiikulitesse pakitud neurotransmitteri transport läbi sünaptilise pilu postsünaptilisse osasse, seostudes seal teise raku membraani ligandi mõjul avanevate ioonkanalitega.

Neuroloog Jimo Borjigin tegi katseid rottidega 2015. aastal, mille käigus uuris ta meelte teravnemist surma lähenemisel. Rottidel kutsuti esile surmalähedase kogemusega sarnane seisund süsinikdioksiidiga lämmatades. Kuna rotid ei saa oma surmalähedastest kogemustest tagantjärele hiljem rääkida nii nagu inimpatsiendid, siis seega otsustasid USA Michigani Ülikooli teadlased mõõta muutusi rottide aju bioloogilistes regulaatorainetes, viies ajju peened elektroodid. Katsetes selgus, et rottide ajus suureneb surma piiril noradrenaliini hulk: selle mediaatori hulk otsmikusagaras suurenes 30kordseks võrreldes normaalse tasemega. Otsmikusagaras vallanduv noradrenaliin reguleerib teadvust, tähelepanu ja keskendumisvõimet. Teadlased usuvad, et suure mediaatoraine sisalduse tõttu tekib patsiendil surmasuus olles väga terav, selge ja tähelepanelik taju oma ümbruse jälgimiseks.

Peale noradrenaliini suureneb ka dopamiini hulk: tervelt seitse korda võrreldes normaalse tasemega. Dopamiin on seotud aju „tasukeskusega“: see mediaator eritub näiteks söömise, seksimise või mõne muu naudingut valmistava tegevuse käigus. Mediaatoraine dopamiini hulga

suurenemine vahetult enne surma võib selgitada väga tugevaid positiivseid tundeid surmalähedastes kogemustes: näiteks harmooniataju ning ühtekuuluvus- ja õnnetunnet.

Noradrenaliini ja dopamiini taseme drastiline suurenemine ajus vahetult enne surma võrreldes normaalse tasemega põhjustab teadlaste arvates selliseid nähtusi, mida me mõistame surmalähedaste kogemustena. Kuid sellisel üsna skeptilisel ja pealiskaudsel arvamusel on olemas kolm peamist vasturääkivust:

Esiteks, noradrenaliin ja dopamiin on mõlemad mediaatorained, mille hulkade suurenemine neuronite sünapsites on seotud ka närviimpulsside arvukusega ajus. See tähendab, et mediaatorainete hulga suurenemisega „käib kaasas“ ka ajuaktiivsuse suurenemine. Ajuaktiivsus on väga suur, kui esineb mediaatorainete suur hulk ajus. Teada on seda, et inimese teadvus ei esine väga nõrga neuraalse aktiivsuse korral (näiteks narkoosi või kooma puhul) ja samuti mitte liiga tugeva neuraalse aktiivsuse korral (näiteks epileptilise hoo või elektrišoki korral). Seega teadvus esineb kesknärvisüsteemide keskmisel aktiivsuse nivool (näiteks ärkveloleku desünkroniseeritud EEG). Näiteks kui ajus esinevad suure amplituudiga aeglased lained (umbes 0,1-1 Hz), siis inimene on teadvusetuses seisundis. Nii on see näiteks üldnarkoosi ja teadvuseta sügava une ajal. Inimeste ajus esinev väga tugev või väga nõrk gamma-sageduslik faasisünkroonsus viib aju samuti teadvuseta seisundile. Kuid vahetult enne surma vallandub ajus väga suur hulk erinevaid mediaatoraineid, mistõttu on ka ajuaktiivsus väga suur (näiteks ajusagedused on väga kõrged). Seepärast ei saa inimese teadvus esineda sellisel ajal, mil aju vallandab väga palju mediaatoraineid. Sellest tulenevalt ei saa inimene kogeda ka surmalähedasi kogemusi, kuna selleks peab esinema inimese teadvus. Surmalähedane kogemus on teatavasti teadvuslik kogemus, mille korral on vaja teadvuse olemasolu.

Teiseks, inimese ajus vallanduv noradrenaliin reguleerib teadvust, tähelepanu ja keskendumisvõimet. Teadlased usuvad, et suure mediaatoraine sisalduse tõttu tekib patsiendil surmasuus olles väga terav, selge ja tähelepanelik taju oma ümbruse jälgimiseks. Mediaatoraine dopamiini hulga suurenemine vahetult enne surma võib selgitada väga tugevaid positiivseid tundeid surmalähedastes kogemustes: näiteks harmooniataju ning ühtekuuluvus- ja õnnetunnet. Kuid surmalähedastes kogemustes ei nähta ainult valgusolendeid, kauneid ja selgeid maastikke ega õnnetunnet. Inimesed on näinud ka groteskseid koletisi, põrgudeemoneid ja õudseid paikasid ning kogenud jubedaid tundeid. Seda laadi surmalähedasi kogemusi kogetakse negatiivsete tunnetega ja palju ähmasemalt, udusemalt ning mitteselgemana võrreldes positiivsete kogemustega. Seda ei saa enam seletada noradrenaliini ja dopamiini tõusuga ajus. Kui need mediaatorained vallanduvad ajus kindlalt kogu aeg vahetult enne surma (s.t. ei ole inimeseti või ajas selektiivne), siis surmalähedased kogemused ei ole alati õndsad ja selged. Esinevad ka väga jubedaid ja õõvastavaid elamusi. Selline vastuolu on üks suurimaid ja olulisemaid nendele, kes tahavad surmalähedasi kogemusi seletada mediaatorainete vallandumisega vahetult enne surma. Sellest vastuolust järeldub, et surmalähedasi kogemusi ei saa tegelikult seletada mediaatorainete vallandumisega vahetult enne surma.

Kolmandaks, surmalähedane kogemus on äärmiselt meeldejääv, kirgas, sügavalt inimese psüühikat mõjutav ja väga hästi tajutav. Inimesed, kes on näiteks seda kogenud umbes 30 aastat tagasi, ütlevad, et see oleks olnud justkui eile. Sellega kaasnev „vaimne õppetund“ mõjutab inimest kogu ülejäänud elu. Surmalähedasi kogemusi on palju seostatud ka narkootiliste ainete mõjudega. Pealtnäha leidub tõepoolest palju sarnasusi SLK-de ja narkootiliste ainete mõjude vahel: näiteks keemilised protsessid ajus SLK-de ja mõnuainete tarvitamise ajal on sarnased. Kuid SLK-d on ilmselgelt tähendurikkamad ja õpetlikumad kui elamused, mis saadakse mõnuainetest. SLK-de korral jääb mulje, et imelised tajuelamused tulenevad pigem mingisugusest „teadmiste taustsüsteemist“, kuhu inimene on väljaspool oma keha sattunud. Vastupidiselt SLK-dele kaasneb narkootiliste ainetega eufooria, millel ei

ole sügavamat filosoofilist tähendust, mistõttu ei mõjuta see inimese ülejäänud elu. Narkootilised ained tekitavad sõltuvust, mille läbi mõjutab see inimese ülejäänud elu. Kuid SLK-de filosoofiline ja õpetlik elamus on see, mis mõjutab inimese ülejäänud elu, mitte sellest tekkiv sõltuvus, mis SLK-de korral ei olegi tegelikult täheldatud.

SLK filosoofiline ja õpetlik subjektiivne elamus inimesele seisneb just nendes detailides, mis narkootiliste ainete mõjudega üldse ei kaasne. Näiteks kehavälises olekus kohtub inimene valgusolendiga, kes näitab talle erakordse kolmemõõtmelise panoraamina tagasivaadet maisele elule. Selle kaudu õpib inimene oma elu jooksul tehtud vigadest või tunneb rõõmu positiivsetest kordaminekutest. Paljudes SLK-des kirjeldatud eufooria tunne ei esine lihtsalt mingisuguse automaatse tundega kehast väljumisel, vaid see „tekib“ alles kohtumisel ebamaise valgusolendiga või siis, kui jõutakse pimeda tunneli lõppu valguse kätte. Kirjeldamatu õnn ja rõõm lähtuvad sageli just valgusolenditest, mitte ei teki tühja koha pealt. Kuid mõnuainete tarvitamise korral puuduvad kõik need iseloomujooned, mille korral tekivad erakordsed tajuelamused pealtnäha eimillestki. Näiteks eufooria tunne tekib inimesel teatud neurotransmitterite vallandumise tagajärjel ajus, mitte aga kohtumisest valgusolenditega. Valgusolendeid, surnuid sugulasi ja tuttavaid ning valgustunneleid mõnuainete tarvitamise ajal ei nähta, kaasaarvatud ka tagasivaadet maisele elule, mis on üks iseloomulikumaid külgi SLK-de juures.

Erksaid nägemishallutsinatsioone kutsuvad esile hallutsinogeennsed ained. Need muudavad ka inimese taju, kuid pärsivad kesknärvisüsteemi tegevust. Siia kuuluvad meskaliin, LSD ja marihuaana. Marihuaana aktiivaineks on tetrahüdrokannabinool, mille keemiline sarnasus on LSD-ga ja isegi inimese organismi poolt toodetud mediaatori anandamiidiga. Marihuaanat saadakse india kanepi kuivatatud lehtedest ja õitest. Kanepi aine mõju varieerub, sõltudes suuresti isikust. Pikaajaline tarvitaja tajub eufooriaseisundis tavaliselt järgmisi elamusi:

> Objektid tunduvad eriti selgesti tajutavad, pildid paistavad kolmemõõtmelisena, toit maitseb paremini, kuna tuntakse uusi maitsenüansse, seksuaalne nauding on tugevam, tuntakse kõrgenenud heaolu ja aeg näib seiskuvat.

Kuid marihuaana võib ka tugevdada ebameeldivaid elamusi, süvendada hirmu ja masendusmeeleolu. Tekkida võivad paranoilised mõtted: „hakkan surema“ või „lähen hulluks“. LSD ehk lüsergiidi tarvitajatel võivad tekkida nägemused, mis võivad kesta 6 – 14 tundi. Nägemuste sisu on enamasti ennustamatud. Enamikul inimestel algavad hallutsinatsioonid mitmesuguste geomeetriliste kujundite nägemisega, siis tulevad keerulised kujundid ja lõpuks unenäotalised stseenid. Taju võib olla niivõrd häiritud, et tuttavaid esemeid ei tunta enam ära. Inimese sensoorsed muljed segunevad, mille korral arvab inimene ennast nägevat helisid ja kuulma esemeid. LSD võib põhjustada ka paanikat, psühhoose ja õudustunnet. Eelkõige tekib paanika neil inimestel, kes üritavad kuidagi vastu võidelda sellele, mida nad väidetavalt näevad.

Pärast SLK-sid kalduvad inimesed andma elule suuremat väärtust ning osutama rohkem tähelepanu ja armastust oma ligimestele, samal ajal väheneb nende huvi isikliku positsiooni ja aineliste väärtuste vastu. Samuti nendib enamik inimesi, kes on kogenud SLK-sid, et pärast seda elavad nad kõrgemate vaimsete eesmärkidega ja mõnel juhul otsivad elu põhiolemuse sügavamat mõistmist. Ja oluline on, et need teated eneseanalüüsist leiavad enamasti kinnitust ka nende poolt, kes on SLK-sid kogenud inimeste käitumist kõrvalt jälginud.

Rahvusvahelised uuringud on näidanud, et SLK mõju inimese edasisele elule ei sarnane mitte ühegi teise psüühilise kogemuse tagajärjega, mida teadlased soovivad samastada. Näiteks unenäo, hallutsinatsiooni, psühhotrauma või narkootiliste ainete mõju inimese ülejäänud elule ei ole ligilähedaseltki sama, mida annab surmalähedane kogemus. Näiteks pärast narkootiliste ainete

tarvitamist või tugevate hallutsinatsioonide tajumist ei kaldu inimesed andma elule suuremat väärtust ning ei osuta rohkem tähelepanu ja armastust oma ligimestele, samuti ei vähene nende huvi isikliku positsiooni ja aineliste väärtuste vastu. Selline aspekt eristab SLK nähtused paljudest teistest psüühika nähtustest, millesse teadlased tahavad SLK-d liigitada. See tähendab, et lihtlabase ajukeemiaga ei saa seletada nii sügavat mõju, mida SLK inimesele jätab. See on ka üks argumentidest, et miks SLK peab olema siiski reaalne nähtus, mitte aju loodud illusioon.

Teatud mõttes võib SLK mõju inimesele liigitada psühhotraumana, kuid seda positiivses võtmes. Näiteks kui stressi liigitatakse psühholoogias positiivseks ja negatiivseks, siis SLK korral tekib inimesel positiivne psühhotrauma. “Trauma” tuleneb sõnast “traumeerima”, mis on küll negatiivse alatooniga, kuid SLK mõju inimese ülejäänud elule on eelkõige positiivne. Lihtsalt mõju suurus on võrreldav äärmusliku psühhotraumaga, sellest ka positiivne psühhotrauma. See tähendab, et SLK tekitab inimesele eluaegse psühhotrauma.

1.5.1 Narkootilised ained

Inimese närvisüsteemi ergutavad väga tugevalt erinevad narkootilised ained. Näiteks kokaiin. Kokaiini tarbija tunneb ennast normaalsest seisundist palju tugevamana, erksana, edukana ja palju eufoorilisemana. Kui aga inimene tarbib cracki, siis selle mõju ilmneb juba sekundite jooksul. Cracki sugune narkootikum jõuab tegelikult umbes 10 sekundiga ajusse. Tarbijal kestab umbes 10 minuti jooksul väga tugev ja väga võimas mõnu- ja erutuslaine. Cracki toime ja mõju ilmneb kokaiinist kiiremini ehkki need on enamvähem ühesugused narkootilised ained. Ergutav narkootikum on ka ecstasy. See aine teeb meeled erksaks ja ei lase magama jääda. Selles mõttes on tegu nagu amfetamiiniga. Ecstasy ei vallanda reaalsuse moonutusi ega hallutsinatsioone, nagu seda on näiteks LSD korral. Ecstasy tarbijal väheneb tunduvalt enesekontroll ja piirid. Tal tekivad sageli siirad ja soojad tunded kaasinimeste vastu. Sellepärast kasutataksegi ecstasyt paljudel noortetantsupidudel ja reividel.

> Ecstasy kasutamise korral suureneb serotoniini ja dopamiini vabanemine neuronite sünapsites. Kui kasutatakse palju ecstasyt, siis mingi osa serotoniinineuronite närvilõpmetest kahjustub. See põhjustab inimesel impulsiivsuse suurenemist ning suureneb ka risk depressiooni tekkimisele.

Kuid ka heroiin vallandab inimese ajus meeletult tugeva õnnelaine. Tarbija tunneb ennast uniselt ja soojalt. Inimest valdab suur rahu ja vabadus muredest ning probleemidest. Kui inimene tarbib heroiini esimest korda, siis võib tal süda pahaks minna. Heroiini enamasti süstitakse. Heroiini mõju sarnaneb ka rahusti mõjuga, kuna see on depressant. Näiteks närvisüsteemi funktsioonid ja ka reflektoorsed tegevused aeglenevad. Kaasa arvatud aeglenevad ka inimese hingamine ja südametegevus. Kõht võib tarbijal lausa kinni jääda. Paljud heroiini tarbijad sageli ütlevad:

> „Heroiini tarvitamisel ei ole sul kedagi teist vajagi. Heroiiniga tunned ennast täiusliku ja kõikvõimsa inimesena. Sa ei tunne üksindust, kuid tunne on olla äärmiselt iseseisev ja omaette. Alguses hakkab seljas, kaelas ja ajus tundma tuhinat. Esineb meeletu rahulolu- ja õnnetunne. See on absoluutselt täiuslik kogemus.“ „Meeletud tunded algavad nagu plahvatusena. Kõik nagu sumiseb. Aju läheb nagu ülimalt suureks. Kõik, mida sa tunned, lähevad äärmiselt kirevaks ja võimsateks. Mõtted ajus lausa lendavad – mõelda võib ükskõik mille üle ja ükskõik kus iganes. Aju naudingukeskus on äärmiselt mõjutatud. Seepärast esinebki äärmine naudingulaine. Kehat valdab äärmiselt kujuteldamatu erutus. Mõju sinu füsioloogiale ja vaimule on absoluutne.“

Sellised hinnangud on tegelikult üsna tavalised ükskõik milliste narkootiliste ainete mõjude puhul

inimestel – mitte ainult heroiini tarvitamisel.

Sellised sarnased tundmused, mis esinevad narkootiliste ainete korral, esinevad näiteks ka inimese armumistunde kujunemisel. Peaaegu viiendiku sekundi jooksul kujuneb inimesel armumistunne. Armumistunne sarnaneb kokaiinikaifile. Kui õige inimene ilmub vaatevälja, siis ainult mõnede millisekundite jooksul upub inimese aju selliste keemiliste ainetega, mis tekitavad eufooriat. See aga tõestab armumist, mis tekib esimesest silmapilgust. Esimese armumistunde ajal stimuleerib dopamiin, oksütotsiin, adrenaliin ja vasopressiin aju palju erinevaid piirkondi. Need on kemikaalid, mis tekitavad inimesel hea tunde. Armumistunne ja kokaiinikaif on äärmiselt sarnased, sest samasugused keemilised ained vallanduvad ka kokaiini tarbimisel. „Need kinnitavad armumisprotsessi teaduslikke aluseid, ent tõstatavad samas ka küsimuse, et kas armub süda või hoopis aju," ütleb professor Styephanie Ortigue. „Mina ütleksin, et pigem aju, ehkki ka südamel on oma roll, kuna armastuse kontseptsioon moodustub nii alt üles kui ka ülalt alla, ajust südamesse ja vastupidi kulgevatest protsessidest". Kuid on olemas ka erinevaid armastuse liike, mis mõjutavad aju erinevaid piirkondi. Näiteks ema ja lapse vahelist tingimata armastust vallandavad sellised ajupiirkonnad, mis on samas nii ühised kui ka erinevad. Näiteks keskaju. Kuid samas ajupiirkond, mis töötleb tasuga seonduvat informatsiooni, ja ka kõrgemad kognitiivsed funktsioonid vallandavad just kirglikku armastust. Assotsiatiivsed kognitiivsed ajupiirkonnad töötlevad näiteks inimese kehahoiakut.

Mitmed füüsilised komponendid põhjustavad inimestel armumise, kui need aga ilmnevad õigel ajal, õiges kohas ja õiges järjekorras. Aroom on nendest esimene. Selline eelistus on kas õpitud või siis tulnud kultuuriga kaasa. Näiteks eelistatakse halvale lõhnale midagi meeldivat – näiteks eelistatakse higihaisule parfüümi. Teine komponent on feromoonid. Sellised bioaktiivsed ained on keha poolt eritatud. Just feromoonid on seotud ajus olevate seksi-, ohu-, agressiooni- ja hirmusignaalidega. Feromoonid põhjustavad muutusi libiidos. Nad tõstavad esile seksuaalsust. Kuid feromoonid ei anna valida paaritumiseks just selle partneri. Valikuid tehakse pigem nägemise, tavahaistmise, kuulmise ja kompimise põhjal. Näiteks aroomi järgi eristavad partnerid üksteisest, mitte nii väga feromoonide järgi. Inimesed on võimelised ära tundma lõhna järgi oma partneri pesemata T-särki. Seda näitavad uuringud. Kolmas komponent on hormoonid, mida inimese aju toodab. Näiteks dopamiin vallandab ajus suure erutustunde, sest see stimuleerib ajus olevat naudingukeskust. Kuid järglaste saamiseks vajalikku seotust võimaldavad luua sellised hormoonid nagu vasopressiin ja oksütotsiin.

1.6 Aju signaalid sunnivad südame seiskuma

2015. aastal uurisid USA Michigani Ülikooli teadlased rottide ajusid ja südameid, eelkõige seda, et kuidas need reageerivad hapnikupuudusele. Tulemused olid üsna jahmatavad. Näiteks aju reaktsioon hapnikuvaegusele seisnes selles, et aju hakkab vallandama suures koguses erinevaid virgatsaineid, näiteks dopamiini ja noradrenaliini. Hämmastav on see, et selline reaktsioon on alati ühesugune. Kuna katse surevate rottidega näitas loomade ajutegevuse intensiivsuse suurenemist vahetult enne nende surma, siis sellest järeldavad teadlased, et midagi samalaadset peab toimuma ka inimeste ajus, mis võibki põhjustada surmalähedasi kogemusi.

Dopamiin ja noradrenaliin on just sellised virgatsained, mis tekitavad inimesel meeldivat tunnet, suurtes kogustes lausa äärmiselt head enesetunnet. Teadlased arvavad, et see võibki tekitada inimeste teadvuses surmalähedasi kogemusi: tähelepanu muutub palju teravamaks, õnnetunne täidab kogu keha ja tekivad ilusad kujutluspildid. Kuid peale virgatsainete vallandab aju ka veel mediaatoreid. Need põhjustavad südametöö lakkamist, kui hapnikupuudus on kestnud umbes mõni minut. See tähendab, et surija aju püüab lakata südametöö tegevust.

Michigani Ülikooli neuroloogiaprofessor Jimo Borjigin uuris rottide organite tööd vahetult enne

surma. Ta tegi olulise avastuse: vahetult enne surma käsib aju südame tööd lõpetama. Ta avastas, et surev aju vallandab suures koguses bioloogilisi regulaatoraineid ehk mediaatoreid. Need saadavad välja keemilisi signaale, mis sunnivad südame seiskuma. Nende signaalide blokeerimise korral võib süda veel kaua töötada. See tähendab seda, et aju saboteeriva käitumise takistamise korral saaksid arstid patsiendi elustamise korral juurde väärtuslikke minuteid, enne kui süda ja seejärel teised elutähtsad organid oma töö lõpetavad.

Neuroteadlased ei oska selgitada, et miks ajus eritub vahetult enne surma väga suur hulk tugevaid bioloogilisi regulaatoraineid.

1.6.1 Surma pidurdamine

Enne katse sooritamist rotid tuimastati ja nende ajusse opereeriti ajukoore elektrilist aktiivsust (EEG) registreerivad elektroodid. Südamelihase juurde opereeriti samuti elektrood, mis jälgib ja analüüsib bioelektrilist aktiivsust (EKG). Uitnärvi kaudu suhtleb aju südamega, kuid antud katses on see suhtlemise takistamiseks pooltel rottidel läbi lõigatud. Seejärel hingasid rotid sisse süsihappegaasi (CO_2) tekitamaks neis akuutset hapnikuvaegust. Akuutne hapnikuvaegus ehk akuutne hüpoksia on kas kogu organismi, üksikute elundite või kudede väga äge ja lühiajaline hapnikuvaegus pro- ja eukarüootsetes organismides.

See põhjustas rottide ajus ja südames kriisiseisundi, mida teadlased hoolikalt jälgisid ja analüüsisid. Rotid, kellel olid läbilõigatud uitnärv, surid kaheksa minutit hiljem kui tervete uitnärvidega rotid:

> Üks minut pärast hapnikuvaegust muutub tähelepanu teravamaks. Seda põhjustab noradrenaliini hulga 30kordne suurenemine aju otsmikusagaras. Aju otsmikusagar sisaldab dopamiini, mille hulk muutub seitse korda suuremaks võrreldes normaalse tasemega. Seetõttu arvatakse, et positiivsed tunded (näiteks ühtekuuluvustunne) tugevnevad järsult. Aju otsmikusagaras esineb ka veel rahustava toimega gamma-amino-võihape (GAVH), mille kogus suureneb umbes 20 korda võrreldes normaalse tasemega. Seetõttu ajurütm aeglustub.
>
> Teisel minutil pärast aju hapnikuvaegust vallandub serotoniin, mis võib põhjustada hallutsinatsioone. Serotoniin on virgatsaine, mis esineb suurajukoes ja kannab üle signaale. Selle hulk kasvab 20 korda võrreldes normaalse tasemega. Kuid serotoniin ja GAVH on sellised virgatsained, mille toimed sunnivad südame seiskuma.
>
> Noradrenaliin, dopamiin, GAVH ja serotoniin on „regulaatorained“, mille kogus võib umbes neljandal minutil pärast aju hapnikuvaegust olla umbes 40 – 400 korda suurem võrreldes normaalse tasemega. See on maksimaalne tase, mille saavutamise korral lakkab aju aktiivsus, koos sellega ka südametöö. See tähendab, et saabunud on surm. Rottidel, kel olid terved uitnärvid, lõpetas süda töö umbes viie minuti pärast, kuid läbilõigatud uitnärviga rottidel lõppes südame töö alles 13 minuti pärast.

Rottide ja ahvidega tehtud katsetel on salvestatud ajus surma eel toimuvat. Need katsed on veenvalt näidanud, et alfa- või beetasageduste aktiivsus surma eel väheneb, kuid gammasagedusribas aktiivsus suureneb. Kuna katse surevate rottidega näitas loomade ajutegevuse intensiivsuse suurenemist vahetult enne nende surma, siis sellest järeldavad teadlased, et midagi samalaadset peab toimuma ka inimeste ajus, mis võibki põhjustada surmalähedasi kogemusi. Ajmal Zemmar ja Raul Vicente Tartu Ülikoolist ning nende töörühm on avastanud, et kui inimene saab südamerabanduse, siis vahetult enne seda väheneb mõne ajupiirkonna aktiivsus (täpselt nii nagu oli seda nähtud loomkatsetes). Kuid EEG-seadmega on tuvastatud, et gammasagedusel aktiivsus

suurenes. Aju gammasageduslik aktiivsus on mõned minutid enne inimese südamehäireid tunduvalt väiksem. Kõike seda võis ka oletada ainult loomkatsete põhjal. See tähendab seda, et inimeselt kogutud andmed on ühtinud loomkatsetes kogutud andmetega.

Inimese ajus suureneb vahetult enne surma plahvatuslikult virgatsainete hulk. Näiteks aju nägemiskeskuse ja otsmikusagara keemiline aktiivsus suureneb vahetult enne surma mitmekordseks. Ka aju reaktsiooni korral hapnikuvaegusele hakkab aju vallandama suures koguses erinevaid virgatsaineid, näiteks dopamiini ja noradrenaliini. Kuid peale virgatsainete vallandab aju ka veel mediaatoreid. Need põhjustavad südametöö lakkamist, kui hapnikupuudus on kestnud umbes mõni minut. See tähendab, et surija aju püüab lakata südametöö tegevust. Surev aju vallandab suures koguses bioloogilisi regulaatoraineid ehk mediaatoreid, mis saadavad välja keemilisi signaale. Need sunnivad südame seiskuma. Erinevate virgatsainete kontsentratsiooni plahvatuslik tõus vahetult enne surma on meditsiiniline fakt, kuid selle põhjust ei osata selgitada. Neuroteadlased ei oska selgitada, et miks näiteks ajus eritub vahetult enne surma väga suur hulk tugevaid bioloogilisi regulaatoraineid. Kuna käesolev töö, mis on suureks sissejuhatuseks inimese kehast väljumise füüsikateooriasse, ei seosta seda inimese surmalähedaste kogemuste ilmingutega, siis ei ole teada ka seda, et kas neid mediaatorite või virgatsainete tõusu tajub inimene mingite muude kogemustega, mis pole otseselt seotud SLK-dega. Tekib küsimus, et kas seda saab üldse seostada mingite läbi elamistega, mis esineksid vahetult enne surma? Tundub, et vastus sellele on eitav, kuna SLK-d need olla ei saa, mistõttu pole enam ka põhjust mingite muude kogemuste ilminguteks, mis esineksid SLK-de asemel.

1.7 Tunnelid ja valgus

Pam Reynolds viibis kliinilises surmas, mil ta nägi väidetavalt pimedat tunnelit, mille lõpus paistis ere valgus. Talle tundus, et miski tõmbas teda tunnelisse, misjärel liikus ta selle valguse poole.

Kui surmalähedased kogemused on tõesti väidetavalt sureva aju loodud illusioonid, siis miks me ei näe midagi muud nagu näiteks ennast rannas päevitamas või ujumas, sõpradega aega veetmas, autoga sõitmas, kusagil mõnusas kohas reisimas või oma töö kohustusi täitmas nagu tavalise unenäo korral ikka nähakse. Miks nende asemel nähakse surmalähedaste kogemuste ajal just mingeid senitundmatuid tunneleid, valgusolendeid, suurt õndsuse tunnet, kaaluta olekut, tagasi vaadet elule ja veel palju muid surmalähedaste kogemustega kaasnevaid asju, mida enamus inimesi pole kogu oma elu jooksul kunagi kogenud?

Teadlased arvavad, et on leidnud sellele maise selgituse: hapnikuvaegus tekitab valgusaistingu. Nad on veendunud, et suudavad seletada kahte kõige sagedamini kirjeldatud surmalähedast kogemust. Näiteks kui inimese süda on seiskunud, siis selle tagajärjel on lõppenud keha varustamine hapnikuga. Silmade võrkkestal on olemas valgustundlikud rakud, mis hapnikuvaeguse korral muutuvad töövõimetuteks. Need rakud lakkavad töötamast esialgu võrkkesta servas, kuid aja jooksul see levib keskme suunas. See võibki põhjustada patsiendil tunnelnägemise. Südame uuesti tööle hakkamise korral naaseb hapnik nägemisrakkudesse, mille korral hakkavad rakud uuesti tööle. Sellist äkilist aktiveerumist võib aju tajuda tugevate valgussähvatustena.

Teadlased on veendunud, et hapnikuvaegus põhjustab tunnelnägemise:

> Inimese silma võrkkesta nägemisrakud on väga tundlikud hapnikupuudusele. Näiteks hapnikupuudus või selle vähesus põhjustab valgustundlikke rakkude töö häirumist. Alguses saab mõjutada silma võrkkesta välimine äär, kuid mõju kandub edasi sissepoole. Valgustundlikud rakud, mis asuvad silma võrkkesta äärealal, saavad esimesena osaleda hapnikupuudusest. Kuid selline hapnikuvaegus levib sissepoole. Silma keskel asuvad

> üksikud nägemisrakud, mis on viimastena varustatud hapnikuga. See võibki tekitada inimesel tunnelis viibimise illusiooni.

Teadlased arvavad, et hapniku naasmine kutsub esile ereda valguse:

> Hapnikut peetakse väga aktiivseks gaasiks, mille reaktsioon teiste ainetega on üsna energiline. Pärast mõne ajalist hapnikupuudust ajus ja silmades naaseb hapnik uuesti tagasi, mistõttu võib see ärritada rakke. Sellisel juhul muutuvad valgustundlikud rakud taas aktiivseteks ja hakkavad edastama signaale, mida aju nägemiskeskus võib tõlgendada tugevate valgussähvatustena. See tähendab, et kui valgustundlikud rakud saavad ootamatult palju hapnikku, siis see võib põhjustada valesignaali edastamise aju nägemiskeskusesse valgussähvatusest.

Paljud surmalähedaste kogemustega inimesed on kirjeldanud pimedaid tunneleid ja selle lõpus paistvat eredat valgust. Teadlased arvavad, et sellele leidub täitsa tavaline „keemiline seletus“. Teadlased usuvad, et tunnelite nägemine ja ere valgus tunnelite lõpus on põhjustatud hapnikuvaeguse tekkimisest ja seejärel lakkamisest inimese nägemisrakkudes. Silma võrkkesta nägemisrakud saaksid ootamatult palju hapnikku, mistõttu tekib nendes lühiajaline hapniku üledoos. Nägemisrakud edastavad seejärel signaali nägemisnärvi kaudu aju nägemiskeskusesse, mis tõlgendab seda valgussähvatusena. Pealtnäha on tegemist äärmiselt usutava teooriaga, mis seletaks üsna lihtsalt ja loogiliselt pimeda tunneli nägemist koos ereda valgusega surmalähedastes kogemustes.

Inimese silmades on olemas valgustundlikud rakud ja kui need satuvad hapnikupuudusesse, siis tekitab see nö tunnelnägemise. Hapnikupuuduse lõppedes ehk hapniku naasmise korral reageerivad nägemisrakud sellele nagu tugevale valgussähvatusele. Kuid surmalähedastes kogemustes ei nähta alati pimedaid tunneleid ega eredat valgust. Inimesed on näinud ka põrgudeemoneid, sügavat pimedust ja õudseid paikasid. Seda laadi surmalähedasi kogemusi kogetakse negatiivsete tunnetega, milles ei nähta tunneleid ega eredat valgust. Seda ei saa enam seletada hapnikuvaegusega silmades ja hapniku taas tulemisega silmadesse. Kui hapnikuvaegus tekib ja lakkab nägemisrakkudes kindlalt alati vahetult enne surma (s.t. ei ole inimeseti või ajas selektiivne), siis surmalähedased kogemused ei sisalda alati pimedaid tunneleid ega eredat valgust. Esinevad ka väga jubedaid ja õõvastavaid elamusi, milles ei nähta tunneleid ega eredat valgust. Selline vastuolu on väga oluline nendele, kes tahavad surmalähedasi kogemusi seletada inimese neurofüsioloogiliste eripäradega, mis võivad esineda vahetult enne surma. Sellest vastuolust paraku järeldub, et surmalähedasi kogemusi ei saa tegelikult seletada vahetult enne surma esinevate neurofüsioloogiliste eripäradega.

Inimese kehast väljumise füüsikateooria püüab tõestada, et SLK-des nähtavad tunnelid, mille lõpus paistab ere valgus, võivad olla tegelikult teoreetilises füüsikas kirjeldatavad aegruumi tunnelid ehk ussiaugud. Tunnelite abil on võimalik ületada väga lühikese ajaga väga suuri vahemaid ruumis või rännata ajas. Üldrelatiivsusteoorias on ussiauk spekulatiivne struktuur, mis ühendab aegruumi erinevaid punkte ja põhineb Albert Einsteini gravitatsioonivälja ehk aegruumi kõveruse võrrandite erilahendusel. Ussiauku saab visualiseerida tunnelina, millel on kaks otsa aegruumi erinevates punktides (s.t. erinevates kohtades või erinevates ajapunktides või mõlemas).

Albert Einsteini üldrelatiivsusteoorias kirjeldatakse ussiurgete olemasolu võimalikkusest, kuid seda ainult aegruumi kõveruse kaudu. Ussiurgete füüsikalist olemust kirjeldatakse ajas rändamise füüsikateoorias samuti aegruumi kõveruse kaudu, kuid see on seotud peale selle ka veel tavaruumi K ja hyperruumi K’ füüsikalise süsteemiga, mida relatiivsusteooria ei kirjelda.

Üldrelatiivsusteoorias tuletatakse aegruumi tunneli meetriline võrrand:

$$ds^2 = -e^{2\varphi_{\pm}(r)}dt^2 + \left(1 - \frac{b_{\pm}(r)}{r}\right)^{-1} dr^2 + r^2(d\theta^2 + sin^2\theta d\varphi^2)$$

mis kirjeldab staatilist ussiauku. Sellest saab inimene minna läbi. Kujufunktsioon b(r)

$$\frac{dl}{dr} = y = \pm\frac{1}{\sqrt{1-\frac{b}{r}}} = \pm\left(1-\frac{b}{r}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

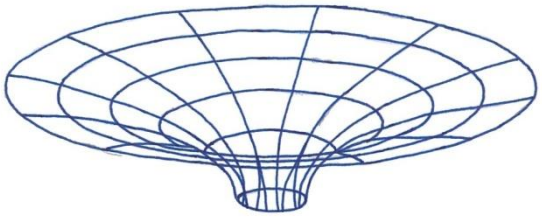
ja punanihke funktsioon Φ(r)

$$\Phi = -\frac{GM}{r} = +\frac{GM}{r}i^2$$

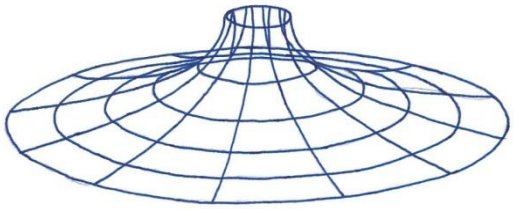
määravad ära sellise lahendi, mis on sfääriliselt sümmeetriline. See tähendab seda, et ussiurge on reaalsuses kerakujuline. Kuid mudelites kujutatakse ussiurget ikka tunnelina. Sellisel juhul on paremini näha seda, et see lahend ühendab omavahel kaks tasast aegruumi piirkonda (üks positiivne, teine negatiivne). Ussiaugu kurgust näitab l radiaalset omakaugust, mis tähendab seda, et l ei näita tunneli pikkust, vaid see kirjeldab ikka ruumi kontraktsiooni aegruumi tunneli ümbruses:

$$dl = \pm\frac{dr}{\sqrt{1-\frac{R}{r}}}$$

Ruumi kontraktsioon tekitabki aegruumi tunneli. Näiteks l on esimeses ühendatud aegruumi piirkonnas positiivne:



ja teises ühendatud aegruumi piirkonnas negatiivne:



Positiivne ja negatiivne l tekitabki aegruumi tunneli efekti, mida me joonistel näeme. Näiteks eespool saadud ussiaugu meetrilise võrrandi:

$$ds^2 = -e^{2\Phi}c^2dt^2 + dl^2 + r^2(d\theta^2 + sin^2\theta d\varphi^2)$$

muutumispiirkonnad ongi järgmised: aeg

$$-\infty < t < +\infty$$

radiaalkoordinaat

$$-\infty < l < +\infty$$

ja nurgamuutujad

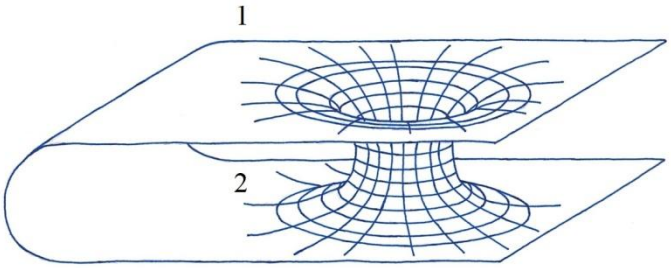
$$0 \le \theta \le \pi$$

$$0 \le \varphi \le 2\pi$$

Esimeses ühendatud aegruumi piirkonnas on l positiivne, mis tähendab seda, et see on reaalne. Kuid teises ühendatud aegruumi piirkonnas on l negatiivne, mis tähendab seda, et see on imaginaarne. Kuid positiivne ja negatiivne ehk reaalne ja imaginaarne l tekitabki aegruumi tunneli efekti, mida

me joonistel näeme.

Eelnevalt me nägime, et üldrelatiivsusteoorias kirjeldatakse aegruumi tunneleid ainult aegruumi kõveruse kaudu. Aegruumi kõverust võib kirjeldada meetriline võrrand, mis sisaldab endas reaalseid ja imaginaarseid avaldisi. Selle kaudu nähtubki tõepoolest ussiurgete geomeetriline kuju, mis on tuttav paljude jooniste pealt:



Kuid sellega üldjuhul ka asi piirdub. Relatiivsusteoorias ei nähtu selle seos ajas rändamisega minevikku või tulevikku ja ussiurgete pikkusi ei saa välja arvutada ega seostada seda sellega, et kui kaugele ajas minevikku rännatakse. Kõike seda kirjeldabki juba ajas rändamise füüsikateooria. See tähendab, et kui relatiivsusteoorias kirjeldatakse ussiurkeid ainult aegruumi kõveruse kaudu, siis ajas rändamise füüsikateoorias on see seotud peale selle ka veel tavaruumi K ja hyperruumi K' füüsikalise süsteemiga, millest nähtubki ussiurgete seos ajas rändamisega minevikku ja tulevikku.

Inimeste surmalähedastes kogemustes nähakse sageli tunneleid, mille lõpus paistab ere valgus. Inimese kehast väljumise füüsikateooria tõlgendab neid ametlikult aegruumi tunnelitena, mida kirjeldaks näiteks Albert Einsteini üldrelatiivsusteooria. Selline vaade on võimalik, kuna tunnelite kirjeldused viitavad üsna objektiivselt aegruumi tunneli olemusele, mida füüsikateoreetikud on juba ammu ennustanud. Kuid probleem seisneb selles, et kui surmalähedastes kogemustes nähakse tõepoolest ussiurkeid ehk haigla reanimatsiooni palatis tekib patsiendi surma hetkel ussiurge, siis miks ei näe neid haigla palati meditsiini töötajad? Neid tunneleid näevad ainult kehast väljunud inimesed. Osaline lahendus sellele võib seisneda ussiurgete füüsikateoorias, mida eelnevalt oli lühidalt esitatud. Näiteks, kuna aegruumi tunneli kui füüsikalise objekti moodustab reaalne ja imaginaarne osa vastavalt meetrilisele võrrandile, mis sisaldab kompleksarve, siis seega surmalähedastes kogemustes esinevad tunnelid peavad olema moodustunud ilmselt ainult imaginaarsest osast. Reaalne osa nendel puudub. Seetõttu näevadki neid ainult kehast väljunud inimesed ehk need, kes ise eksisteerivad dimensioonis, mida saab kirjeldada ainult imaginaarsete võrranditega. Ussiurke reaalse osa puudumise tõttu ei näe neid tavalised inimesed. Kuid nende tekkimine on veel suur mõistatus. Selge on see, et neid objekte tekitavad valgusolendid, kuid pole teada, kuidas. Iseenesest need kindlasti ei teki.

1.8 Surm kui unenägu

Teadlased arvavad, et surmalähedased kogemused sisaldavad endas ka unenäosarnaseid hallutsinatsioone, mis on üks tüüpilisemaid kogemusi vahetult enne surma. Näiteks Pam Reynolds kohtas kehavälises olekus varem surnuid sugulasi ja perekonna tuttavaid, kes tema eest hoolt kandsid ja isegi kehakinnitust pakkusid. Tema elamused lõppesid justkui „lummav unenägu". See tähendab, et kui operatsioon hakkas jõudma lõpusirgele, siis hakkasid surnud sugulased naisega südamlikult hüvasti jätma. Lõpuks kui arstid naise koljut sulgesid, aitasid surnud sugulased Reynoldsi „hingel" ettevaatlikult kehasse tagasi minna. Surmalähedased kogemused sisaldavad endas seega väga kummalisi episoode.

USA Kentucky Ülikooli neuroloogiaprofessoril Kevin Nelsonil on selle kohta oma teaduslik

teooria. Näiteks kui aju ajab segamini kaks teadvusetasandit, siis võibki tekkida seda laadi surmalähedane kogemus. Kaks teadvusetasandit: üks on tavaline igapäevaselt kogetav teadvuseseisund ärkvel olles, kuid teine tekib REM-une ajal. REM-uni on kiirete silmaliigutustega uni. REM-une ajal tekib kohati sama suur aju elektriline aktiivsus kui ärkvel oleku ajalgi. See tähendab, et aju ei ole REM-une ajal välja lülitatud, vaid töötab kohati isegi aktiivsemalt kui ärkvel olles. REM-une ajal esinevadki unenäod: need on sellised imepärased teadvusseisundid, milles nähaksegi näiteks vanu mälestusi, uusi mõtteid ja fantaasiarikkaid kujutelmi.

Kevin Nelsoni arvates võib aju vahetult enne surma tasakaalust välja minna, mis tekitab inimesel vale teadvustasandi, mis võib inimesel põhjustada omakorda unenäotaolise kogemuse. Vahetult enne surma tekivad kaunid kujutluspildid. Selle teooria järgi on surmalähedane kogemus lihtsalt REM-uni, mis võib tekkida näiteks infarkti ajal. See tähendab põhimõtteliselt seda, et need nähtused pole tegelikult midagi muud, kui ootamatult alguse saanud und meenutav seisund. Antud teooria seletab pealtnäha ka seda aspekti, mille korral inimesed kogevad asju, kui nende ajud on surnud. Näiteks ajutüvi on selline ajupiirkond, mis kontrollib inimese keha põhilisi funktsioone. Sellisest ajupiirkonnast lähtub ka REM-uni. Inimese ajutüvi on võimeline funktsioneerima ka siis, kui ülejäänud ajupiirkonnad on töötamast lakanud. Nii tekibi REM-uni, mis võib olla surmalähedaste kogemuste põhjustajaks.

Teadlased arvavad, et ajutüves ilmnev unenägu võib olla surmalähedane kogemus, kuid ajutüvi ei töötle kehaväliseid kogemusi. Kehaväliseid kogemusi töötlev ajupiirkond on kliinilise surma ajal funktsioneerimisest lakanud. Niisamuti ka ajutüvi ei ole kliinilise surma ajal aktiivne. See tähendab, et aju ei saa siiski olla surnud, et töödelda selliseid nähtusi, mis tekivad ajutüve poolt tekitatud REM-unes. Seega uneteooria ei suuda siiski seletada surmalähedaste kogemuste olemust.

Kuid kuidas saab inimene teada seda, mida sooritati tema elustamise ajal, kui ta oli kliiniliselt surnud? Kui inimene oli surnud ja nägi skeptiliste teadlaste poolt väidetavalt ajus olevaid illusioone, mis võis olla just nagu unenägu (aju loodud üks virtuaalreaalsuse ilminguid), siis kuidas saavad unenäos juhtuda sellised sündmused, mis leiavad aset ka tegelikkuses ehk nö. ärkveloleku maailmas?

Kui nähakse unes, et kõnnitakse või lennatakse palati ruumis ringi, siis tegelikuses (ehk ärkvel olles) seda inimene siiski ei teosta. Teostus toimub sellisel juhul ainult unenäos. Inimene ei saa kuidagi näha unenäos seda, mis toimub samaaegselt tema elustamise protseduuride ajal. Antud juhul ei olegi võimalik midagi muud järeldada kui ainult seda, et inimene ei saanud viibida sellises aju loodud virtuaalreaalsuses nagu seda on unenägu, vaid inimese aju loodud virtuaalreaalsus ühtis ajaliselt ja ruumiliselt väga täpselt tegelikkusega ehk seega inimene pidi olema parajasti ärkvel ja kohal. See on psühholoogiline fakt, et inimese unenäomaailm ei ühti ajaliselt ja ruumiliselt pärismaailmaga ehk unenäos nähtav ja kuuldav ei realiseeru tegelikkuses. Järelikult inimese surmalähedased kogemused ei saa tuleneda surevas ajus toimuvatest illusioonidest, kuna need vastavad sündmustele, mis leiavad aset ka tegelikkuses. Seega teadvus ei olnud inimese kliinilise surma ajal enam ajust sõltuv ja seega ei olnud seda ka enam vaja. Ajust tuli lahkuda ehk eralduda, olla nö. lahus.

Maailmas ei ole teada mitte ühtegi sellist unenäo juhtumit, mille korral on inimene oma enda unenäos näinud kõrvalt ennast magades. Küll aga SLK-de korral on patsiendid näinud operatsiooni ajal ennast kõrvalt. Nad on saanud kõrvalt jälgida seda, kuidas arstid ja medõed tema surevat keha elustada püüavad. Kuid unenägude korral ei näe inimesed ennast kõrvalt, kuidas nad oma soojas voodis parajasti magavad. Selline aspekt unenägude juures üldse puudub.

Levinud arvamuse järgi sarnaneb inimese surmalähedane kogemus unenäolise elamusega. See väidetavalt sarnaneb unega, mis on täis fantastilisi kogemusi ja uskumatuid visuaalseid elamusi. Selline levinud arvamus surmalähedastest kogemustest on tegelikult müüt, mis ei vasta kindlasti tõele. Kui mõned üksikud surmalähedase kogemusega inimesed tõesti nii ütlevad, siis enamus väidavad siiski vastupidist. Surmalähedane kogemus on äärmiselt meeldejääv, kirgas, sügavalt inimese psüühikat mõjutav ja väga hästi tajutav. Inimesed, kes on näiteks seda kogenud umbes 30 aastat tagasi, ütlevad, et see oleks olnud justkui eile. Kõik detailid jäävad meelde kümneteks aastateks ja sellega kaasnev „vaimne õppetund“ mõjutab inimest kogu ülejäänud elu. Kõik need iseloomujooned on täiesti vastupidised tavalisele unenäo elamustele. Unenäod ei jää pikalt meelde,

nende sisud ei mõjuta inimese ülejäänud elu (isegi õudusunenägude korral) ja unenäod esinevad enamasti justkui mingis „udus“, mida on tagantjärele raske meenutada. Kõik see viitab tugevalt sellele, et surmalähedased kogemused ja unenäod on kaks täiesti erinevat nähtust.

> Täpsemalt öeldes võivad inimese unenäo elamused olla tegelikult sama reaalsed kui seda on ärkvelolekus ehk reaalses maailmas kogetavad elamused ja tundmused. Kuid erinevus seisneb selles, et kui reaalses maailmas kogetavad elamused võivad inimesele meelde jääda kümneteks aastateks, siis unenäo elamused ei jää inimesele sageli kauaks meelde. Unenäo elamuste sisu paistab tagantjärele „udune“ just seetõttu, et need jäävad raskesti meelde võrreldes reaalses maailmas kogetud elamustega. Kuid sellegipoolest võivad unenäo sisud paista sama reaalsed ja kirkad kui seda on reaalses maailmas kogetud elamused.

Surmalähedasi kogemusi on palju seostatud ka narkootiliste ainete mõjudega. Pealtnäha leidub tõepoolest palju sarnasusi SLK-de ja narkootiliste ainete mõjude vahel (näiteks keemilised protsessid ajus SLK-de ja mõnuainete tarvitamise ajal on sarnased, mõlemal juhul jäävad elamused inimesele hästi meelde), kuid siingi leidub olulisi erinevusi. Erinevused seisnevad eelkõige detailides. Näiteks tugevatoimelised narkootilised ained (ecstasy, kokaiin ja LSD) tekitavad nende kasutajatele väga tugevaid eufoorilisi tajuelamusi, mis sarnanevad tõepoolest ka SLK-de korralgi läbielavate tajuelamustega. Kuid SLK-d on ilmselgelt tähendurikkamad ja õpetlikumad kui elamused, mis saadakse mõnuainetest. SLK-de korral jääb mulje, et imelised tajuelamused tulenevad pigem mingisugusest „teadmiste taustsüsteemist“, kuhu inimene on väljaspool oma keha sattunud. Vastupidiselt SLK-dele kaasneb narkootiliste ainetega eufooria, millel ei ole sügavamat filosoofilist tähendust, mistõttu ei mõjuta see inimese ülejäänud elu. See on väga suur erinevus SLK-de ja narkootiliste ainete elamuste vahel. Narkootilised ained tekitavad sõltuvust, mille läbi mõjutab see inimese ülejäänud elu. Kuid SLK-de filosoofiline ja õpetlik elamus on see, mis mõjutab inimese ülejäänud elu, mitte sellest tekkiv sõltuvus, mis SLK-de korral ei olegi tegelikult täheldatud.

SLK filosoofiline ja õpetlik subjektiivne elamus inimesele seisneb just nendes detailides, mis narkootiliste ainete mõjudega üldse ei kaasne. Näiteks kehavälises olekus kohtub inimene valgusolendiga, kes näitab talle erakordse kolmemõõtmelise panoraamina tagasivaadet maisele elule. Selle kaudu õpib inimene oma elu jooksul tehtud vigadest või tunneb rõõmu positiivsetest kordaminekutest. Paljudes SLK-des kirjeldatud eufooria tunne ei esine lihtsalt mingisuguse automaatse tundega kehast väljumisel, vaid see „tekib“ alles kohtumisel ebamaise valgusolendiga või siis, kui jõutakse pimeda tunneli lõppu valguse kätte. Kirjeldamatu õnn ja rõõm lähtuvad sageli just valgusolenditest, mitte ei teki tühja koha pealt. Kuid mõnuainete tarvitamise korral puuduvad kõik need iseloomujooned, mille korral tekivad erakordsed tajuelamused pealtnäha eimillestki. Näiteks eufooria tunne tekib inimesel teatud neurotransmitterite vallandumise tagajärjel ajus, mitte aga kohtumisest valgusolenditega. Valgusolendeid, surnuid sugulasi ja tuttavaid ning valgustunneleid mõnuainete tarvitamise ajal ei nähta, kaasaarvatud ka tagasivaadet maisele elule, mis on üks iseloomulikumaid külgi SLK-de juures.

Surmalähedased kogemused (SLK-d) jäävad selle läbielanutele väga hästi meelde. Näiteks selle kogemuse detaile võivad inimesed mäletada isegi kümneid aastaid hiljem ja selle mõju inimese psüühikale ning isiksusele on pikaajaline ja mastaapne. Miks see nii on, ei osata veel täpselt selgitada. Kuid psühholoogiliselt võib hüpotiseerida, et kuna SLK nähtused on niivõrd uskumatud ja tähendusrikkad mistahes inimese mõistusele ja isiksusele, siis seetõttu jääbki see detailselt pikaks ajaks väga hästi meelde. See on psühholoogiliselt mõistetav. Näiteks kui inimene kohtuks metsas seenelkäigu ajal maa peale maandunud ufoga ja sellest välja hõljunud tulnukaga, siis ka selline sündmus jääks inimesele tõenäoliselt eluks ajaks meelde. See tähendab seda, et mida erakordsem, tähendusrikkam ja uskumatum on sündmus või elamus inimesele subjektiivselt, seda paremini ja pikaajalisemalt jäävad meelde sellega seotud detailid ehkki mälestused võivad aja jooksul muutuda.

Mälupsühholoogid rõhutavad, et mälu on välistele mõjutustele väga vastuvõtlik (näiteks infole teistelt inimestelt või sotsiaalmeediast nähtule). Mälestused juhtunud sündmuste kohta pole inimeste mälus tegelikult püsivalt samad. See tähendab, et mälestused on pidevas muutumises.

Kui inimese mälestused aja jooksul muutuvad, siis seega võivad tekkida „valemälestused“. Valemälestused on mälestused sündmustest ja elamustest, mida tegelikult ei ole olemas olnud. Siinkohal on märkimisväärne see, et SLK-de korral ei esine teadaolevalt valemälestusi. See tähendab, et inimeste mälestused SLK-de kohta jäävad enamasti tõetruudeks, mitte ei muutu aja jooksul. Üks põhjus sellisele järeldusele on see, et väga suur osa inimeste tagantjärele kirjeldustest SLK-de kohta kattuvad üksteisega väga täpselt. Võib üsna kindlalt väita, et SLK-d esinevad enamasti väga kindla „stsenaariumi“ järgi, mistõttu saab teha järelduse, et inimeste mälestused SLK-de kohta ajas väga suuresti ei muutu, mis on jällegi huvitav fenomen SLK-de juures. Niisamuti ka sotsiaalsed ning kultuurilised mõjutused ei ole mänginud suurt rolli SLK-de sisu ja selle mäletamise muutumises. See tähendab, et inimeste kirjeldused SLK-de kohta on samasugused ka 80 aastat tagasi võrreldes tänapäeva juhtumitega. Kultuuriruum muutub ajas, kuid SLK-de sisu ja sügavam tähendus inimesele subjektiivselt ajas ei muutu. Võiks öelda, et hoopis SLK-d mõjutavad inimeste kultuuriruumi (ilukirjandus, teatrid, filmid, kinod jne), mitte vastupidi.

1.9 Neljandik ajukahjustuse tõttu koomas inimesi on teadvusel

Uued uuringud (näiteks neuroloog Nicholas Schiff’i uurimused New Yorgis asuva Weill Cornelli meditsiinikeskusest) näitavad, et koomas või muus kontaktivõimetus olekus inimestest on seni arvatust suurem osa tegelikult teadvusel. See tähendab, et vähemalt neljandik koomas olevatest inimestest mõistab ja kuuleb enda ümber toimuvat. 2024. aastal tehti esimene suurem uurimustöö inimeste teadvuse osas, kellel esines tugev ajukahjustus või olid mingil muul põhjusel füüsiliselt liikumisvõimetud. Sellised inimesed on võimetud küsimustele vastama füüsiliselt, näiteks pöialt püsti ajades. Kuid sellegipoolest on täheldatud, et kui nende poole pöörduda, siis see paneb nende ajud tööle, vähemalt neljandikul, mis on siiski erakordne. Seda laadi uurimused näitavad, et inimesed, kes on pealtnäha täiesti kontaktivõimetud, kuulevad tegelikult enda ümber toimuvat. Seetõttu arvatakse, et nendega võib olla võimalik suhelda aju-arvuti liidese (AAL) abil ehk väikeste seadmete kaudu, mis kaardistavad ajutegevust, kui need on inimese pähe siirdatud. Liides on võimeline ajutööd lahti kodeerima ja tõlkima selle käskluste keelde, näiteks võib see liigutada kursorit arvuti ekraani peal.

353 ajukahjustusega patsiendid, kelle ajud oli viga saanud infarkti, insuldi või kehalise trauma tõttu, moodustasid uuringu põhilise valimi. Alguses sooritati patsientide peal täiesti tavalisi kontaktivõime katseid, näiteks pöialt püsti ajades. 353-st patsiendist 241-lt ei tulnud mitte mingisugust reageeringut, kuid ülejäänud 112 patsienti reageerisid mingit moodi. Pärast seda läbisid kõik patsiendid ühe või kaks erinevat ajukuvamisprotseduuri. Üheks neist oli funktsionaalne magnetresonantsuuring ehk fMRI, mis hindab aju vere hapnikutaset. Seetõttu saab seda kasutada vaimutöö mõõtmisel ehkki ainult kaudselt. Teiseks oli elektroentsefalograafia ehk EEG, mille korral kasutatakse elektroodidega kübarat, mis patsiendi pähe pannes mõõdab tema ajulaineid. Igal patsiendil paluti ette kujutada kuvamisprotseduuride ajal tennise mängimist või rusikas käe avamist ja sulgemist. Selliseid suuniseid korraldati 15-30 sekundi jooksul, misjärel esines väike paus. Kogu tegevust korrati umbes 6 – 8 korda.

> Inimese peaaju läbib sekundis miljoneid närviimpulsse. Need impulsid tekitavad ümber pea elektrivälja, mille tugevust mõõdetakse elektroentsefalograafiga. Sellega saadud graafikut nimetatakse elektroentsefalogrammiks ehk lühidalt EEG-ks. Funktsionaalne magnetresonantstomograafia ehk funktsionaalne MRT (fMRI) on meetod, mis kasutab MRT-tehnoloogiat aju aktiivsuse mõõtmiseks, jälgides aju verevarustuse dünaamikat. Verevool ajusse ja neuronite aktiveerumine on omavahel seotud. Näiteks kui ajuosa on parajasti aktiivne, siis verevool seal piirkonnas suureneb. Magnetresonantstomograafia ehk

tuumamagnetresonants-tomograafia on peamiselt tuntud kui meetod kujutiste tekitamiseks elusate organismide läbipaistmatute elundite sisemusest ning vee hulga kindlakstegemiseks geoloogilistes struktuurides. Seetõttu kasutatakse meetodit põhiliselt eluskudede patoloogiliste või füsioloogiliste muutuste visualiseerimiseks ning selleks, et hinnata näiteks kivimite läbilaskvust süsivesinike suhtes. Magnetresonantsspektroskoopia annab kudedest tunduvalt detailsema pildi kui röntgenograafia.

Selliste tegevuste ajal võis näha umbes neljandikul patsientidest EEG-s või fMRI-s ajuaktiivsust. Uuringu esimeses osas osutusid 112 patsienti kontaktivõimelisteks ja neil olid ka paremad tulemused ajutegevuse uuringus. Kuid sellest hoolimata ei ole see piisav, kuna nendest kõigest 38 protsendil esines selline ajuaktiivsus, mis oli järjepidev. Nicholas Schiff'i oletuse järgi on lävend ajutöö uuringutes suhteliselt kõrge. Siinkohal peab märkima seda, et tegemist ei ole esimese uuringuga, millest nähtub ajukahjustusega ja liikumisvõimetute inimeste teadvus. Näiteks 2019. aastal tehtud uuringus ilmnes 104 patsiendist 15 protsendil EEG-protseduuri ajal aktiivsus, mille korral mõtlesid nad kaasa hoolimata välisest liikumatusest. Kuid 2024. aasta uuring oli sellest suurema valimiga ja seda teostati mitmes haiglas, mistõttu oli see esimene omataoline. Uuringus osales kuus haiglat neljast riigist (USA-st, UK-st, Belgiast ja Prantsusmaalt).

Kui lähedane teab, et koomas inimene võib olla teadvusel, siis võib see mõjutada tema pere otsust edasise ravi osas.

Neljandik patsiente, kellel esinesid ajuaktiivsused, olid nooremad võrreldes ülejäänud patsientidega, ajukahjustused olid tingitud enamasti kehalisest traumast ning nad olid nendega elanud juba pikemat aega. Kõik haiglad ei korraldanud oma EEG või fMRI kuvamisprotseduure sama eeskirja järgi, mistõttu tekib võimalus, et see võis tulemusi mõjutada. Lävend, millega tuvastatakse ajuaktiivsust, oli uuringus väga kõrge. See võis alahinnata masinate otsustustööd teadvusel inimeste tegeliku arvu hindamisel. Mõlema (EEG ja fMRI) uuringu läbinute seast ilmnes kõige rohkem teadvusel patsiente, mistõttu võib oletada, et teadvusel patsientide protsent oleks olnud suurem, kui kõik patsiendid oleksid läbinud mõlemad uuringud. Kuid selleks teostatavaid ajukuvamise katseid on logistiliselt ja arvutuslikult keeruline teha.

2024. aastal tehti esimene suurem uurimustöö inimeste teadvuse osas, kellel esines tugev ajukahjustus või olid mingil muul põhjusel füüsiliselt liikumisvõimetud. Näiteks, kui nende poole pöörduti, siis see pani nende ajud tööle. Alguses sooritati patsientide peal täiesti tavalisi kontaktivõime katseid, näiteks pöialt püsti ajades. Igal patsiendil paluti ette kujutada kuvamisprotseduuride ajal tennise mängimist või rusikas käe avamist ja sulgemist. Selliste tegevuste ajal võis näha umbes neljandikul patsientidest EEG-s või fMRI-s ajuaktiivsust. See tähendab, et sellised patsiendid osutusid kontaktivõimelisteks ja neil olid ka paremad tulemused ajutegevuse uuringus. Sellised asjaolud näitavad üsna selgelt, et ajutöö suurenes tõepoolest selletõttu, et nende patsientide poole pöörduti ja teostati kontaktivõime katseid. Mõned skeptikud võivad arvata, et ajuaktiivsuse esinemist võis tingida mingi muu põhjus, kuid see ei ole antud tingimustes usutav.

Uuringutest tuleb välja, et neljandik ajukahjustuse tõttu koomas olevatest inimestest on tegelikult teadvusel, mis tähendab seda, et mitte kõik koomas olevatest inimestest ei ole teadvusel. Selline statistika langeb mingil määral kokku ka sellega, et mitte kõik koomasse või kliinilisse surma langenud inimesed ei koge surmalähedasi kogemusi. See tähendab, et ainult teatud protsent surmaeelsesse seisundisse sattunud inimestest kogevad surmalähedasi kogemusi, kuid mitte kõik. Selline üldine statistiline kokkulangevus võib viidata sellele, et näiteks koomas olevale teadvusega inimesele võib esineda surmalähedane kogemus. Kuna kooma või kliinilise surma ajal esinev ajuaktiivsus võib vahel sarnaneda inimese teadvusel oleva ajuaktiivsuse omaga, siis seega võib see selgitada surmalähedaste kogemuste esinemist vahetult enne ajutöö lakkamist. Kuid ka selles on olemas omad vasturääkivused, mida me kohe alljärgnevalt kirjeldame.

Eespool kirjeldatud uuringud näitavad, et koomas või muus kontaktivõimetus olekus inimestest on seni arvatust suurem osa tegelikult teadvusel. See tähendab, et osad koomas olevatest inimestest mõistab ja kuuleb enda ümber toimuvat. Sellest järeldavad teadlased, et kooma või kliinilise surma ajal saadud info, mida peetakse surmalähedaste kogemuste üheks parimaks tõendiks, pole midagi

muud, kui teadvusel kuuldud mälestus arstide ja õdede vestlustest inimese kooma või kliinilise surma ajal. See võib isegi osaliselt tõsi olla, kuid siingi on omad vasturääkivused. Inimene võis tõepoolest kooma või kliinilise surma ajal kuulda elustamise ajal toimuvat ja hiljem elus olles seda teistele meenutada, kuid kooma või kliinilise surma ajal ei saa inimene kuidagi teada sellistest asjadest, millest elustamise ajal ei räägita või pole kuulda. On olemas terve rida juhtumeid, mille korral teab koomas olnud inimene asju, mida pidi nägema, mitte kuulma. Sellist aspekti ei saa enam seletada sellega, et inimene oli kooma ajal tegelikult teadvusel ja kuulis kõike mida õed ja arstid elustamise ajal tegid. Kooma ja kliinilise surma ajal võib patsient tõepoolest kuulda elustamise ajal toimuvat, kuid sellest hoolimata ei ole võimalik tal näha elustamise ajal teostatavaid protseduure, mis muidu kirjeldatakse oma surmalähedastes kogemustes. See on väga oluline puudus, mistõttu ei sobi see surmalähedaste kogemuste põhjuste kirjeldamiseks.

Uuringud on näidanud, et mõned patsiendid mäletavad oma surma. Patsientidest umbes 40 protsendil on täheldatud elektrilist ajuaktiivsust pärast südame seiskumist. Surmalähedased kogemused esinevad tavaliselt siis, kui inimene sureb, tema süda seiskub ja aju elektriline aktiivsus sisuliselt lakkab. Kuid uuringud on näidanud, et kui patsiendi süda on seiskunud, siis tema aju jätkab tööd, isegi elustamise ajalgi. Sellest „oletavad“ teadlased, et tegemist võib olla surmalähedaste kogemuste bioloogilise alusega. Teadlased oletavad, et inimese suremise faasis esinevaid neurobioloogilisi mehhanisme saab seostada surmalähedaste kogemustega. Surmalähedasi kogemusi on sageli peetud just hallutsinatsioonideks või unenägudeks.

1.10 Elektriline ajuaktiivsus pärast südame seiskumist

Inimese kliinilise surma ajal on ajutiselt seiskunud inimese süda. Kliinilises surmas on lakanud aju üldine aktiivsus, kuna enamasti aju ei saa siis enam verd. Sellisel juhul esineb aktiivsus (ehk neuronite laenglemine) ainult väga väga lokaalsetes ajupiirkondades. See tähendab, et kliinilise surma ajal esinev ajuaktiivsus ei eksisteeri kogu aju piires, vaid seda esineb väga üksikutes ajupiirkondades. Teadvuse ja psüühika erinevaid aspekte töötlevad paljud erinevad ajupiirkonnad, mitte üksikud piirkonnad. Üksikute ajupiirkondade korral ei saaks see olla võimalik. See tähendab, et inimese teadvusseisund tekib siis, kui aju on ergastatud üldiselt, mida kontrollivad aju koorealused mehhanismid. See tähendab seda, et teadvusseisund ei ole lokaliseerunud mingisse kindlasse ajupiirkonda, vaid see on seotud aju üldise aktiivsusega, mis on mõõdetav aju erinevatest piirkondadest. Kui kortikaalse omaduste sõlmimise aktiivsus ei ole seotud mittespetsiifilise talamokortikaalse süsteemiga, siis toimub see teadvusväliselt. Selles süsteemis tekkivad aktiivsused levivad üle kogu aju. Väikeajus tekkivad aktiivsused jäävad aga lokaalseks. Need ei levi üle terve aju. Ka korteksis olevate neuronite aktiivsuslaine levi on inimese üldnarkoosi ja sügava une ajal selgelt piiratum ja kestavad vähem aega kui teadvusseisundi korral. Ilmnevad väga vähe aktiivsuslaineid.

Verevarustuseta jäänud ajurakud lõpetavad kliinilise surma või ajusurma korral funktsioneerimise. Ajupiirkondade aktiivsused on muidu seotud neuronite laenglemistega. Näiteks neuronite töö kasvuga suureneb mingi kindla ajupiirkonna aktiivsus. Kuid neuronid vajavad töö tegemiseks palju energiat. See energia tuleb neile hapnikurikkast verest, mida pumbatakse otse südamest. Ajupiirkonna verevarustuse muutumisega kaasneb neuronite aktiivsuse muutumine, kuid uuringud on näidanud, et ilmtingimata mitte alati. Hapnikurikka ja hapnikuvaese vere magnetilised omadused on aga erinevad sest, et inimese veres oleva hemoglobiini seob hapnikuga just raua aatom. Veri kannab hapnikku (eriti just ajju) organismi laiali. Vere rauavaegus võib põhjustada südameataki. See võib tekitada anokseemiat ehk hapnikuvähesust veres ja kudedes. Aju anokseemia korral jõuab ajju liiga vähe hapnikku. Hapnikupuudus ajus käivitab kahjulike keemiliste reaktsioonide ahela, mille lõpptulemusena ajurakud hävivad. Seda protsessi on võimalik aeglustada,

kui inimest kohe pärast taaselustamist maha jahutada. Keha temperatuuri langemine annab elustamisele natuke aega juurde ja inimene saab palju vähem ajukahjustusi.

Mõned uuringud on näidanud, et kui inimese süda on seiskunud, siis sellest hoolimata võib aju töötamist jätkata, isegi tund aega hiljem elustamise ajal. Peab märkima, et seda esineb siiski ainult väikesel osal patsientidest, mille korral suudavad nad hiljem meenutada oma elustamiskogemust. Mõned inimesed mäletavad isegi sõna, mida korrati elustamistegevuse ajal.

NYU LangoneHealth Ülikooli kaasprofessor Sam Parnia ja tema töörühm on uurinud meeldejäänute surmakogemuste võimalikku bioloogilist alust. Uuringud hõlmasid peamiselt USA ja UK 25 haiglat. Seiskunud südamega patsientidel teostati täiesti tavalisi elustamisvõtteid, kuid peale selle kinnitati nende pea külge väikesed seadmed, mis mõõtsid aju hapnikutaset ja elektrilist aktiivsust. Need ei seganud tavapärast ravi. Teadlased püüdsid selgusele jõuda, et kas patsientide aju oli südame seiskumise ajal teadlikult või teadvustamatult kursis keskkonnas toimuvaga. Seetõttu lasti patsientidele pähe pandud kõrvaklappide kaudu kosta kolme puuvilja nime: banaan, õun ja pirn.

Nende kolme puuvilja nime kuulmist ei pruugi inimene teadlikult mäletada. Seda nimetatakse psühholoogias teadvustamatuks õppimiseks. Kuid küsides temalt kolme puuvilja nime, vastab inimene oodatavast sagedamini täpselt samade sõnadega. Uuringud on näidanud, et inimesed, kellele on kooma ajal kõrva sosistatud puuviljade ja linnade nimesid, võivad neid meelde jätta.

Haiglates, kus uuringuid teostati, seiskus patsientide süda 2017. aasta maist 2020. aasta märtsini 567 korral. 53 patsiendil õnnestus koguda andmeid aju hapnikutaseme ja aktiivsuse kohta. Suurem osa patsientidest lakkas ajutöö täielikult, kuid umbes 40 protsendi patsientide ajus esines elektrilist aktiivsust. Elektriline aktiivsus sarnanes varem või hiljem teadvusel olevate inimeste ajus esinevale ajulainetele, vähemalt ligilähedaselt. Sellist aktiivsust täheldati mõne patsiendi korral isegi üks tund pärast südame seiskumist. Uuringu valim hõlmas 567 patsienti, neist jäi ellu 53 ehk peaaegu iga kümnes. Kuid küsitleti „kõigest“ 28 ellujäänuid. Küsitleti veel 126 inimest valimi suurendamiseks. Need olid üle elanud samuti südameseiskumise, kuid nad ei olnud uuringuga otseselt seotud. Peaaegu 40 protsenti intervjueeritavatest tajusid elustamise ajal toimuvat ehkki konkreetseid mälestusi ei ole. Nendest umbes viiendikule meenus oma enda surmakogemus, mis ei olnud klassikaline surmalähedane kogemus ehk SLK. Parnia sõnul kirjeldasid patsiendid oma surmalähedast kogemust moraalse hinnanguna kogu oma elatud elule.

Kõikidest ellujääjatest suutis meenutada puuvilja nimetusi, mis talle elustamise ajal kõrvaklappidest lasti, ainult üks inimene. Kuna valim oli väga väike, siis võis see üks inimene neid puuvilja nimetusi nimetada ka täiesti juhuslikult.

Teadlased oletavad, et inimesed ei ole teadlikud suuremast osast oma ajus toimuvast, kuna ajus on selle jaoks olemas „pidurdusmehhanismid“. Kui sellist mehhanismi ei oleks olemas, siis ei saaks inimene maailmas hästi hakkama. Sellisel juhul läheks kogu tähelepanu teadlikult oma ajutöö tajumisele. Sellest võib järeldada, et pidurdusmehhanismid hakkavad kaduma inimese surevas ajus, mistõttu pääseb surev inimene ligi kogu oma teadvusele. Ajuosad, mis on tavaliselt puhkeolekus, muutuvad aktiivseks. Parnia oletab, et inimene pääseb järsku ligi kõigele, mida ta on oma elu jooksul mälestustena talletanud. Oletatakse, et selline mehhanism on inimesele kasulik, kuna see aitab inimesel surmaga silmitsi seista ehkki pole teada selle kasulikkus evolutsiooni vaates.

Eespool kirjeldatud uurimused näitavad aju suuremat vastupidavust hapnikuvaeguse tingimustes. Parnia oletab, et inimesi, kes on tavalise ravi poolt jäädavalt surnuks kuulutatud, on võimalik siiski endiselt elustada. Seni on arvatud, et inimese aju sureb 5 – 10 minutit pärast hingamise lõpetamist. Kuid eespool kirjeldatud uuringud näitavad, et teatud juhtudel suudab aju olla ilma hapnikuta palju kauem.

Patsientide süda seiskus 567. korral. 53. patsiendil õnnestus koguda andmeid aju hapnikutaseme ja aktiivsuse kohta. Suurem osa patsientidest lakkas ajutöö täielikult, kuid umbes 40 protsendi patsientide ajus esines elektrilist aktiivsust. See tähendab, et uuringu valim hõlmas 567 patsienti, neist jäi ellu 53. Kuid küsitleti „kõigest“ 28 ellujäänuid. Küsitleti veel 126 inimest valimi suurendamiseks. Peaaegu 40 protsenti intervjueeritavatest tajusid elustamise ajal toimuvat. Nendest umbes viiendikule meenus oma enda surmakogemus. Kõikidest ellujääjatest suutis meenutada puuvilja nimetusi ainult üks inimene. Valimi väiksuse tõttu võis see üks inimene neid puuvilja

nimetusi nimetada ka täiesti juhuslikult. Valim oli liiga väike, et üldse mingeid põhjapanevaid järeldusi surmalähedaste kogemuste kohta teha saab. Liiga väike osa uuritavatest ja küsitletavatest patsientidest tajusid elustamise ajal toimuvat. Põhjapanevateks järeldusteks ja üldse teadusliku meetodi ranguseks on vaja palju suuremat valimit ja sellest tulenevalt ka palju suuremat andmehulka.

Suurem osa patsientidest lakkas ajutöö täielikult, kuid umbes 40 protsendi patsientide ajus esines elektrilist aktiivsust. Elektriline aktiivsus sarnanes varem või hiljem teadvusel olevate inimeste ajus esinevatele ajulainetele, vähemalt ligilähedaselt. Sellist aktiivsust täheldati mõne patsiendi korral isegi üks tund pärast südame seiskumist. See tähendab, et sellistel juhtudel suudab aju olla ilma hapnikuta palju kauem, mis näitab aju suuremat vastupidavust hapnikuvaeguse tingimustes. Näiteks seni oli arvatud, et inimese aju sureb 5 – 10 minutit pärast hingamise lõpetamist. Peaaegu 40 protsenti intervjueeritavatest tajusid elustamise ajal toimuvat ehkki konkreetseid mälestusi ei olnud. Nendest umbes viiendikule meenus oma enda surmakogemus, mis ei olnud klassikaline surmalähedane kogemus ehk SLK. Klassikaline surmalähedane kogemus sisaldab endas palju erinevaid tajuelamusi, nagu näiteks kehast väljumise tunnet, kaaluta olekut, valgusolendite nägemist, tunnelite läbimist, tagasi vaadet maisele elule ja surnud inimestega kohtumist. Kõiki neid aspekte uuritavad patsiendid ei tajunud, vähemalt nad ei rääkinud nendest. Surmalähedased kogemused on äärmiselt erksad, isiklikud ja meeldejäävad tajuelamused, mis jätavad inimeste mällu konkreetseid mälestusi kümneteks aastateks. Sellest kõigest järeldub, et vähemalt need patsiendid, keda uuringutes kaasati ja küsitleti, ei kogenud surmalähedasi kogemusi ehkki neil esines südameseiskumise ajal teadvuse olekuga sarnane ajuaktiivsus ja nad mäletasid enda sõnul oma surmakogemust. Seega ei saa südameseiskumise ajal esinev ajuaktiivsus olla “tõeliste” surmalähedaste kogemuste põhjustajaks ehkki loogiliselt oleks see võinud usutav olla.

Kui umbes 40 protsendi südameseiskumise üle elanud patsientide ajus esines elektrilist aktiivsust, siis suurem osa patsientidest lakkas ajutöö siiski täielikult. See on väga suur vastuolu seletusele, et SLK nähtused võivad olla põhjustatud elektrilisest aktiivsusest inimese kooma või kliinilise surma ajal. Põhjus seisneb selles, et surmalähedasi kogemusi on esinenud ka sellistel patsientidel, kellel oli ajutöö täielikult lakanud ehk ei esinenud ajus mitte mingisugust elektrilist aktiivsust, vähemalt teadvuse olekuga sarnanevat ajuaktiivsust. Kui need patsiendid, kelle ajutöö oli täielikult lakanud, kuid sellegipoolest hiljem pärast elustamist mäletanud oma surmalähedasi kogemusi, siis seda ei saa enam seletada kooma või kliinilise surma ajal esineva ajuaktiivsusega. Siinkohal võib tuua näite Pam Reynoldsi juhtumi, kelle ajutöö lakkas kooma ajal täielikult. Peale selle pandi tema kõrvadesse kõrvaklapid, mille kaudu lasti kuulmiseks segavat heli. Sellise juhtumi korral ei saa tema läbielatud elamusi seletada mingil juhul lihtlabase ajuaktiivsusega. Läbi kõrvaklappide pole võimalik isegi midagi kuuldagi sellest, mida arstid ja õed tema elustamise ajal rääkisid või toimetasid. Kuid ometi suutis Pam Reynolds kirjeldada üksikasjalikult kõiki toiminguid ja jutte, mida tehti või räägiti tema elustamise ajal.

Tuleb tunnistada, et teadlased on katsete kaudu proovinud tõestada või ümber lükata SLK-de nähtuste reaalset eksisteerimist. Selleks on nad peitnud reanimatsioonipalatitesse objekte või kirju, mille korral peaksid sellesse palatisse sattunud südameseiskumisega inimesed nägema. Pärast elustamist peaksid need inimesed suutma neid objekte või kirju kirjeldama. Kuid selline katse ei ole seni õnnestunud, kuna inimesed ei ole midagi näinud, tähele pannud või pole surmalähedast kogemust üldse esinenudki. See on ka üks põhjustest teadlaste jätkuvaks kriitiliseks hoiakuks SLK-de suhtes, mille korral eitatakse SLK-de reaalset fenomeni ja püütakse luua ajukeemial põhinevaid seletavaid teooriaid. Kuid peab tõele näkku vaatama, et ka selles on omad vasturääkivused. Näiteks, hoolimata selletaoliste katsete läbi kukkumistest elustatakse maailmas igal aastal tuhandeid patsiente, kelle ajutöö oli südameseiskumise ajal täielikult lakanud, kuid kes hiljem pärast elustamist suutis kirjeldada üksikasjalikult elustamise ajal aset leidnud toiminguid. Meditsiiniline personal on sageli kõige selle tunnistajaks. Mitte ükski läbi kukkunud katse ei saa seda eitada, ignoreerida või ümber lükata. Selline asjaolu näitab, et see on ajas korduv nähtus ehkki inimene ise seda ajas korrata või kontrollida ei saa. Kuid sellest pole midagi, kuna piisab tuhandedest dokumenteeritud juhtumitest maailma haiglates ja ilmselt ka tulevikus aset leidvatest SLK nähtustest, mis pole inimese poolt eesmärgipäraselt kontrollitavad ega põhjustatud.

1.10.1 Eksperimendid

Paljud teadlased on katsete kaudu proovinud tõestada või ümber lükata SLK-de nähtuste reaalset eksisteerimist. Selleks on nad peitnud reanimatsioonipalatitesse objekte või kirju, mille korral peaksid sellesse palatisse sattunud südameseiskumisega inimesed nägema. Pärast elustamist peaksid need inimesed suutma neid objekte või kirju kirjeldama. Kuid sellised katsed ei ole seni õnnestunud, kuna inimesed ei ole midagi näinud, tähele pannud või pole surmalähedast kogemust üldse esinenudki. Analoogiliselt on see nii ka inimese kunstliku kooma või tahtlikult tekitatud kliinilise surma korral. Võiks ju eeldada, et kui tekitame inimesel tahtlikult ajutise kunstlikku kooma või kliinilise surma seisundi, eesmärgiga saada tõendeid tema läbielamistest surma ajal või vahetult enne seda, siis peaks saama suure tõenäosusega soovitud tulemuse. Kuid sellest hoolimata ebaõnnestuvad ka sellised katsed. Need on tõsised põhjused teadlaste jätkuvaks kriitiliseks hoiakuks SLK-de suhtes, mille korral eitatakse SLK-de reaalset fenomeni, mistõttu püütakse luua ajukeemial põhinevaid seletavaid teooriaid.

Kuid sellised ebaõnnestunud katsed näitavad, et nähtus ise on ajas korduv ehkki inimene ise seda ajas korrata või kontrollida ei saa. Juba preagugi leidub SLK tuhandeid dokumenteeritud juhtumeid maailma erinevatest haiglatest, mis pole inimese poolt eesmärgipäraselt kontrollitavad ega põhjustatud. Ilmselt ka tulevikus leiavad aset seda laadi SLK nähtused. Sellised asjaolud viitavad hoopis sellele, et inimesel ei ole kehavälises olekus kontrolli oma elamuste ega tajude üle. See tähendab, et kui inimene väljub oma kehast, siis ei ole ta enam võimeline kontrollima oma keha ja keskkonna vahelist vastasmõju, vähemalt osaliselt. Selle kontroll on pigem selliste „olendite“ käes, kes kehast väljunud inimestega kohtuvad. Alati ei pruugigi kedagi kohata, kuid tavaliselt nähakse oma surnuid sugulasi või tuttavaid, sageli just ebamaiseid valgusolendeid. Kehast väljudes satuks inimene justkui teistsuguse juristdiktsiooniga maailma, milles kehtivad omad reeglid, standardid ja seadused. Sellest tulenevalt oleks loogiline järeldada, et SLK-de tõenduspärane uurimine või isegi teaduslik kinnitus „inimteadlaste“ jaoks ei ole taolise maailma huvides. See tähendab, et nähtus ise „soovib“ jääda väljapoole teadust, mistõttu peavad maised inimesed sellesse eelkõige uskuma, mitte võtma SLK-d kui teadusliku faktina. Sellistest järeldustest ja analüüsidest, mis esialgu paistavad pigem esoteerilised kui ratsionaalselt argumenteeritud mõtted, on pikemalt kirjeldatud inimese kehast väljumise füüsikateoorias, mis lahkab käesolevat teemat üsna üksikasjalikult.

1.11 Tagasivaade maisele elule

Levinud arvamuse järgi näeb inimene surmasuus oma elatud maist elu. Inimese maine elu justkui jookseks silmade eest läbi. Selle vallandajaks arvatakse olevat inimese surm, mis tekitab ajule tohutult suure trauma. Kuid tegelikkuses on see palju keerulisem ja nüansirikkam, kui enamasti arvatakse. Inimese maine elu ei jookse tegelikult silmade eest läbi, vaid see „visualiseerub“ kindla stsenaariumi järgi ja kindlates oludes isegi surmalähedaste kogemuste korral. Tegemist on üsna laialt levinud lihtsustatud müüdiga, mis ei vasta tegelikkusele. Järgnevalt kirjeldamegi detailsemalt seda, et kuidas inimene tegelikult näeb oma elatud maist elu surmahetkel.

Pärast oma füüsilisest kehast eraldumist hakkab inimene mõistma, et ta on ilmselt suremas. Ta

näeb üsna varsti ühte suurt pimedat tunnelit. Ta tunneb enda tõmbumist selle tunneli sisse. Kuid mõne aja pärast paistab tunneli lõpust väga ere valgus.

Tunneli lõpus tulevad inimesele vastu valgusolendid, kes kiirgavad valgust ülimalt hiilgavalt ja kelle isiksused on ülimalt aukartustäratavad, kuid sellegipoolest väga meeldivad. Nad loovad saabujale ülima rõõmu- ja rahutunde. Paljud surmalähedaste kogemustega inimesed on kirjeldanud nende valgusolendite armastuse tunnet kui „*puhtaimat armastust*“, mis Universumis üldse eksisteerida saab. Kõik see näib kiirgavat pimestavast valgusest.

Mõne aja möödudes tajub inimene ühe väga erilise valgusolendi lähedalolu. Vastavalt inimese religioossest või ateistlikust kultuuri taustast, võib ta näha selles pühas valgusolendis Jumalat, Kristust, Buddhat, Allahit või mõnda teist püha isikut. Sellist ülimat valgusolendit näevad usklikud, ateistid ja ka agnostikud. Temast kiirgab ülimat armastust ja ülimat mõistmist. Selle valgusolendi valgus on erakordselt ere. See on ülimalt silmipimestav.

Selle ülimalt hiilgava ja aukartustäratava valgusolendi juuresolekul avaneb inimesel võimalus näha oma seni elatut maiset elu, mis ilmub tema ette erakordse kolmemõõtmelise panoraamina. Seal näeb ta kõrvalt kõiki oma elusündmusi. Selle juures kogetav ajamõõde on hoopis teistsugune, kui me seda tajume maa peal olles. Aeg on omandanud hoopis eripärase eksisteerimise vormi. Inimese kogu elatud elu on võimalik nüüd detailselt näha. Inimene tunnetab oma tegude mõju teistele inimestele, mis ta maises elus korda on saatnud. Inimene tajub teiste inimeste teadvuses esinevat rõõmu ja rahulolu või valu ja piina, vastavalt sellele, mida ta on teistele inimestele elu jooksul põhjustanud. Tagasivaate ajal viibib valgusolend inimese kõrval. Valgusolend aitab inimesel oma vigadest õppida.

Surmalähedaste kogemuste ajal on inimene väljunud oma kehast, mis iseenesest ei tekita mitte mingeid imelisi kolmemõõtmelisi panoraame oma elatud elust. Alles mingi valgusolendi juuresolekul näeb kehast väljunud inimene oma maist elu kolmemõõtmelise visualisatsioonina. Selle sisu „lähtub“ otseselt just kehast väljunud inimesest, kuid visuaale tekitab (kutsub esile nähtavaks visuaaliks) valgusolend, kes oma erakordse telepaatilise võimega „sängitab“ saabunud inimest oma imeliste tajuelamustega. Võib öelda, et inimese füüsilise keha muutumisega (s.t. kehast väljumisega) kaasneb ka teadvusliku telepaatia võimalus, mille kaudu käib suhtlus valgusolendiga.

Surmalähedaste kogemuste nähtustes esinevad valgusolendid, kes suhtlevad kehast väljunud ehk antud juhul ajutiselt surnud inimesega just telepaatilisel teel. Valgusolendi juuresolekul võivad inimesed näha tagasivaadet oma maisele elule. Ka seda võib tõlgendada kui telepaatilise suhtlusena, sest selle sisu „lähtub“ kehast väljunud inimesest, kuid tekitab nähtavaks visuaaliks just valgusolend, kes parajasti kehast väljunud inimest tervitama tuleb.

Kõik sellised visualisatsioonid on äärmiselt võimsad, sügavale mällu süübivad ja väga usutavad. Selliseid ülivõimsaid ja väga usutavaid visualisatsioone kutsuvad esile nähtavateks visuaalideks tegelikult valgusolendid oma imeliste telepaatiliste võimetega, kes kehast väljunud inimestega parajasti kohtuma tulevad. Visualisatsiooni sisu tuleneb inimesest, kuna selles nähakse inimese maist elu, mitte valgusolendi elukogemusi kuskilt universumist.

1.12 Reaalsed ja näilised surmalähedased kogemused

Peale professor Borjigini on surmalähedasi kogemusi uurinud ka paljud teised teadlased. Näiteks on 2002. aastal teinud katseid Genfi Ülikooli haigla arst Olaf Blanke. Tema katsed väidetavalt seletavad seda, et miks patsiendid tajuvad vahetult enne surma oma hinge kehast väljumas. Kusjuures statistika näitab, et oma hinge kehast väljumas tajub kõigest ligikaudu neljandik surmalähedase kogemusega patsientidest. Professor Olaf Blanke tuli oma uuringutes järeldusele, et patsiendi sureva aju „kokkujooksmine“ ehk „lühis“ võib inimesel põhjustada kehast väljumise

illusiooni. Olaf Blankel õnnestus ravida üht oma patsienti elektriga, kes põdes parajasti epilepsiat.

> Epilepsia ehk langetõbi on inimese närvisüsteemi haigus, mille tunnuseks on korduvalt esinevad krambihood. Epilepsia on peamiselt krampidega kulgev tervisehäire, mille põhjuseks on peaaju närvirakkudes tekkivad normaalsest kõrvalekalduvad elektrilised potentsiaalid. Epilepsia ei ole pidev seisund, vaid see on krooniline haigus, mille korral tekivad inimesel lühiajalised mitteprovotseeritud krambihoogude perioodid, koos sellega ka pearinglus ning silme eest läheb mustaks. Epilepsia on haigus, mille haigusnähud avalduvad ootamatult, mistõttu tekitab see inimeses pidevat ebakindlustunnet. Haigus võib olla väga erineva raskusastmega, alates üksikutest kordadest kogu elu jooksul kuni väga sageli esinevate krambihoogudeni. Epilepsia ei ole üldjuhul päritav, kuid mõnede epilepsia vormide korral on avastatud pärilikkuse esinemist. Samuti on kindlaks tehtud, et ühemunakaksikutel on haigestumine epilepsiasse tunduvalt sagedasem kui erimunakaksikutel.

Ravi seisnes selles, et patsiendi pea külge kinnitati elektroodid, mille kaudu sai mõjutada nõrga elektrivoolu abil aju elektrilist aktiivsust. Pea tagaküljel olevat teatud ajupiirkonda elektroodiga puudutamise korral tekkis patsiendil tunne, et tema keha vajus sügavamale haiglavoodisse. Voolutugevuse suurenemise korral tundis patsient ennast palju kergemini, mis seejärel suutis tõusta lae alla hõljuma ja võis sealt eemalt ennast näha. Ajupiirkonda, mida elektroodidega mõjutati, nimetatakse ladinakeelse nimetusega „gyrus angularis“. See asub kiirusagaras väikeses nurgelises alas ja reguleerib inimese keha paiknemist ruumis. Kui seda ajupiirkonda läbib teatud tugevusega elektrivool või vallandub seal liiga palju bioloogilisi regulaatoraineid, häirib see kogu piirkonna tööd, mistõttu võib seal tekkida „lühis“ põhjustamaks kehast väljumise tunde.

Kuid eelnevalt kirjeldatud katsed näitavad tegelikult ainult seda, et inimese aju on teatud situatsioonides võimeline kehast väljumist üsna veenvalt jäljendama ja ei midagi muud. Aju keemilise tasakaalu välja viimine teatud keemiliste ainete konsentratsiooni tõttu või mingi kindla ajupiirkonna spetsiifilise elektrilise aktiivsuse tõttu tekitab selliseid nähtusi, mis sarnanevad surmalähedaste kogemustega. Seetõttu püütaksegi neid nähtusi seletada inimese ajukeemiast tingitud häiretena. Kuid kõigest sellest võib järeldada, et inimese aju on võimeline jäljendama surmalähedasi kogemusi, kuid see veel ei tähenda siiski seda, et kõik sellised nähtused oleksid automaatselt aju loodud illusioonid. Võib järeldada, et eksisteerivad ka inimeste reaalsed ehk tegelikud kehast väljumised, mis ei ole enam illusionaarsed. See tähendab, et aju loodud illusioonil ja reaalsel kehast väljumisel tuleb osata teha vahet sarnaselt nii nagu näiteks vaimuhaigusel ja andekusel, häirel ja homoseksuaalsusel või vaktsiinide kasulikkusest ja väidetavalt nende laastavast mõjust.

Suures plaanis jagunevad surmalähedased kogemused selgelt kahte leeri:

1. Aju poolt loodud illusioonid kehast väljumisest. Inimese aju suudab kehast väljumist ja surmalähedasi kogemusi äärmiselt usutavalt jäljendada. Teadlased on otsinud ajuosa, mis vastutab surmalähedaste kogemuste eest.

2. Inimeste reaalsed ehk tegelikud kehast väljumised. Aju loodud illusioonil ja reaalsel kehast väljumisel tuleb osata teha vahet. Inimese aju on võimeline jäljendama surmalähedasi kogemusi, kuid see veel ei tähenda siiski seda, et kõik sellised nähtused oleksid automaatselt aju loodud illusioonid. Võib järeldada, et eksisteerivad ka inimeste reaalsed ehk tegelikud kehast väljumised, mis ei ole enam illusionaarsed.

Mõlemates leerides on nende paikapidavuseks välja pakutud äärmiselt veenvaid kaitseargumente, mida kirjeldatakse ja analüüsitaksegi inimese kehast väljumise füüsikateoorias.

Surmalähedaste kogemuste korral peame tegelikult arvestama kolme teguriga, mida analüüsitakse kehast väljumise teoorias põhjalikult:

1. Inimese kehast väljumine on tegelikult reaalne nähtus, kuna sellele viitavad kindlad märgid nagu näiteks nähakse asju või saadakse midagi teada, mida surnud olles kuidagi ei saa näha ega teada.

2. Inimese surmaajal toimub tõenäoliselt kontakt maaväliste tsivilisatsioonidega, sest kehast väljumine viitab inimese elu jätkumisele pärast surma ja kus see „*hauatagune elu*“ ikka olla saab kui mitte taevas, kus on nähtud ka UFO-sid.

3. Kehast väljunud inimesed kogevad meie mõistetavas keeles öelduna „*virtuaalreaalsuse ilminguid*“. Näiteks nähakse põrgutuld, deemone, erinevaid tundmatuid maastikke, hooneid, võõraid ebamaiseid olendeid, kehast väljunud inimese enda elusündmusi jne.

Kõik need tegurid on omavahel kuidagi seotud.

1.13 Lõplik järeldus

Teadlased usuvad, et surmalähedased kogemused on sureva aju viimased neurofüsioloogilised funktsioonid. Ajukeemiaga saab ära seletada paljusid nähtusi, mis esinevad surmalähedastes kogemustes. Pealtnäha on see äärmiselt usutav seletus, mida pooldaksid enamus teadlasi. Kuid surmalähedased kogemused ei esine alati, kui inimesed on sattunud surmaeelsesse olekusse. Näiteks kliinilises surmas olevad inimesed ei koge alati kehast väljumist, valguse nägemist ega tunneli läbimist. Seda laadi kliinilist surma kogetakse teadvuseta olekus, milles ei nähta surmalähedasele kogemusele omaseid tunnusjooni. Seetõttu ei saa surmalähedasi kogemusi seletada mediaatorainete vallandumisega ajus või hapnikuvaegusega nägemisrakkudes. Näiteks kui need tekivad ja lakkavad kindlalt ja alati vahetult enne surma (s.t. ei ole inimeseti või ajas selektiivne), siis sellisel ajal ei esine alati surmalähedasi kogemusi. See tähendab, et näiteks mediaatorainete vallandumise ajal vahetult enne surma ei kogeta alati kehast väljumist ega nähta eredat valgust. Selline vastuolu on väga oluline nendele, kes tahavad surmalähedasi kogemusi seletada inimese ajukeemiaga, mis esineb vahetult enne surma. Sellest vastuolust paraku järeldub, et surmalähedasi kogemusi ei saa lõpuni seletada vahetult enne surma esinevate ajukeemiliste protsessidega.

Aja jooksul kogutud statistika näitab, et mitte kõik kliinilises surmas olevatest inimestest ei ole kogenud surmalähedasi kogemusi. See tähendab, et kõikidest patsientidest, kes on olnud koomas või kliinilises surmas, on esinenud ainult teatud osa surmalähedasi kogemusi. Selle põhjust ei ole teada, kuid sellegipoolest võib selle põhjal luua mõningaid tõsiselt võetavaid hüpoteese. Näiteks on olemas selline võimalus, et inimesed, kes ei ole enda teada kliinilises surmas kogenud surmalähedasi kogemusi, lihtsalt ei mäleta seda. See on küll väga ebatõenäoline, kuid täiesti välistada seda siiski ei saa. Teine võimalus oleks see, et inimeste kehast väljumised toimuksid ka teadvusetus olekus, milletõttu ei mäleta inimesed hiljem oma surmalähedasi kogemusi. Selle järgi toimuksid osad inimeste kehast väljumised teadvuslikult, kuid teised osad teadvusväliselt. Esimesel juhul mäletaks inimene oma surmalähedasi üleelamisi, kuid teisel juhul seda enam ei mäletaks. See sarnaneks astrofüüsikas esineva tumeda aine mõistatusega: peale Universumis eksisteeriva nähtava aine on olemas ka veel nähtamatut ainet. Peale teadvusliku kehast väljumise oleks olemas ka veel teadvusväline kehast väljumine, mille korral ei mäletata hiljem oma surmalähedasi kogemusi. See aga tekitaks uue küsimuse, et mis põhjustaks teadvusvälist kehast väljumist? Miks peaks inimene mitte mäletama või mitte teadvustama oma kehavälise oleku kogemusi? See peaks olema igale inimesele erakordne sündmus, mis kindlasti meelde jääks. Analoogiline oleks küsida ka seda, et mis see tume aine veel on? Nendele küsimustele ei osata vastust veel anda.

> See, et inimesed ei pruugi vahetult pärast elustamist mäletada oma surmalähedasi kogemusi, ei ole välistatud, kuna ka unenägusid ei pruugita vahetult pärast üles ärkamist mäletada. Paljud inimesed võivad väita, et hommikul üles ärgates ei näinud nad magades und, kuna mitte ühtegi mälestust sellest ei ole. Kuid sellegipoolest ei pruugi see tõsi olla, kuna nad lihtsalt ei mäleta seda ehkki und võidi siiski näha. Sarnaselt võib see nii olla ka surmalähedaste kogemustega, mille korral arvatakse, et mingit kehast väljumist ei ole olnud, kuid tegelikult inimene koges surmalähedast kogemust. Lihtsalt ei mäletata. See võib tähendada ka seda, et surmalähedased kogemused võivad esineda tegelikult palju sagedasemini kui seda ametlikud riiklikud statistikad näitavad. Kuna eelnevalt kirjeldati analoogiat unenäo ja SLK vahel, ei näita see seda, et SLK oleks inimese unenägu. Unenäol ja SLK-l on selgeid erinevusi, mida käesolevas töös ka laialdaselt kirjeldatakse.

Toome siinkohal mõnede uuringute tulemused, mis näitavad, et surmalähedasele kogemusele omased tunnusjooned ei avaldu alati inimese kliinilise surma ajal, vaid need esinevad teatud protsendi ulatuses:

> Näiteks kaks suurt uurimust, mis hõlmasid sadu südameseiskumise üle elanud patsiente, kinnitavad, et surmalähedased kogemused on sageli väga meeldivad ja seotud tugevate muljetega. Umbes 9 – 10 % ellujäänutest kirjeldasid surmalähedasi kogemusi, mis kulgesid suures osas ühe ja sama stsenaariumi järgi.
>
> Tavaliselt kogevad inimesed maailma väga erinevalt – isemoodi, kuid surmalähedased kogemused esinevad sageli väga ühesuguse „stsenaariumi“ järgi.
>
> Üle poole inimestest, kes olid olnud surmasuus ja tulnud siis tagasi meie sekka, olid tundnud positiivseid tundeid, neist kolmandik oli kohtunud surnud sugulaste või tuttavatega.

Mitmed rahvusvahelised uuringud on näidanud statistilisi andmeid surmalähedaste kogemuste kohta järgmiselt:

> Elu ja surma piiri nägi umbes 8 % ellujäänutest, positiivseid tundeid koges 56 %, tugevat valgust tajus 23 %, läbi tunneli liikus 31 %, kaunist maastikku nägi 29 %, elatud elu nägi silme eest möödumas 13 %, surnud isikutega kohtus 32%, kehast lahkus 24 % ja oma surmast oli teadlik umbes 50 % ellujäänutest.
>
> Umbes 4,2 protsenti inimestest on tundnud surmalähedast kogemust. See on välja tulnud USAs ja Saksamaal korraldatud uuringutes. Uurimustes on näha ka seda, et surmalähedaste kogemuste iseloomu ei mõjuta inimese sugu, rass, usuline kuuluvus, haridus, positsioon jne.

Surmalähedased kogemused ehk SLK-nähtused esinevad inimese kliinilise surma ajal, mille korral on ajutiselt seiskunud inimese süda. Kliinilises surmas on lakanud aju üldine aktiivsus, kuna enamasti aju ei saa siis enam verd. Sellisel juhul esineb aktiivsus (ehk neuronite laenglemine) ainult väga väga lokaalsetes ajupiirkondades. Sellest tulenevalt võivad osad teadlased väita, et lokaalsete ajupiirkondade aktiivsused kliinilise surma ajal võivad põhjustada surmalähedasi kogemusi. Kuid kliinilise surma ajal esinev ajuaktiivsus ei eksisteeri kogu aju piires, vaid seda esineb väga üksikutes ajupiirkondades. See viitab sellele, et selline väga piiritletud ajuaktiivsus ei saa olla inimese kehast väljumise tegelikuks põhjustajaks. Vastasel juhul peaks seda esinema kogu aju piires, mitte üksikutes ajupiirkondades. Teadvuse ja psüühika erinevaid aspekte töötlevad paljud erinevad ajupiirkonnad, mitte üksikud piirkonnad. Üksikute ajupiirkondade korral ei saaks see olla võimalik.

Inimeste surmalähedased kogemused on näidanud, et kehavälises olekus esineb peale teadvusliku seisundi ka veel näiteks mälestused, mõtlemine, tajud, kognitiivsed võimed, emotsioonid – ehk seega kogu inimese psüühika, milles ei puudu mitte midagi sellist, mis esineks

bioloogilises kehas olles. See tähendab, et kehast väljumine ei ole ainult teadvuse „eraldumine“ bioloogilisest kehast, vaid see tähendab kogu psüühika eraldumist bioloogilisest kehast. Kuid inimese teadvusseisund tekib siis, kui aju on ergastatud üldiselt, mida kontrollivad aju koorealused mehhanismid. See tähendab seda, et teadvusseisund ei ole lokaliseerunud mingisse kindlasse ajupiirkonda, vaid see on seotud aju üldise aktiivsusega, mis on mõõdetav aju erinevatest piirkondadest. Kui kortikaalse omaduste sõlmimise aktiivsus ei ole seotud mittespetsiifilise talamokortikaalse süsteemiga, siis toimub see teadvusväliselt. Selles süsteemis tekkivad aktiivsused levivad üle kogu aju. Väikeajus tekkivad aktiivsused jäävad aga lokaalseks. Need ei levi üle terve aju. Ka korteksis olevate neuronite aktiivsuslaine levi on inimese üldnarkoosi ja sügava une ajal selgelt piiratum ja kestavad vähem aega kui teadvusseisundi korral. Ilmnevad väga vähe aktiivsuslaineid.

Kuid seevastu inimese REM-unes esinevad aju aktiivsusmustrid sarnanevad ärkvelolekus olevale ajule. NREM-une ajal on aju aktiivsusmustrid aga palju lokaalsemad ja need kestavad väikest aega. Üldised uuringud on näidanud, et teadvusseisundi korral püsib aktiivsus kauem ja see levib üle terve aju. Kõik see tähendab seda, et teadvusseisundi ajal esineb ajus globaalselt koordineeritud aktiivsus, mis kliinilise surma ajal täiesti puudub. See võimaldab muidugi sõlmida erinevaid lokaalseid ajuaktiivsusi. Teadvustatud kogemus on ju enamasti ühtne. Aju globaalset aktiivsust võib mõista ka kui aju lokaalsete aktiivsuste summana.

Kuid sellest hoolimata on täheldatud, et vahetult enne kliinilist surma aktiveeruvad inimese erinevad ajupiirkonnad. Kõige uuemad uuringud näitavad põhjalikult, et millised ajupiirkonnad täpsemalt aktiveeruvad vahetult enne surma. Nendeks on ajukoore tagumine osa, nagu näiteks oimu-, kiiru- ja kuklasagar. Neid seostatakse küll teadvusega, kuid psüühika laiemaks esinemiseks nendest aga ei piisa. Surmalähedased kogemused näitavad, et kehavälises olekus esineb inimesel väga ergas teadvuslik seisund ja üsna laiahaardeline psüühiline tegevus.

Meditsiini teadlaste aju keskne seletus SLK-de kohta on pealtnäha väga veenev ja üsna laialt ekspluateeritud, kuid kui laskuda detailidesse, siis tekib väga palju vasturäägivusi. Illustreerime seda järgmise lihtsa matemaatilise analüüsi kaudu. Näiteks kui tundmatute väärtused oleksid järgmised:

$$x_1 = 3$$

$$x_2 = 3$$

siis seega nende summa võrduks kuuega:

$$x_1 + x_2 = 6$$

Pealtnäha oleks ju selline tulemus ilmselge, kuid see kehtiks ainult juhul, kui tundmatud võrduksid täpselt kolmega, milles puuduksid komakohad. Kui see aga nii ei oleks ja tundmatud võrduksid näiteks järgmiselt:

$$x_1 = 2{,}7$$

$$x_2 = 2{,}7$$

siis saaksime summaks hoopis 5,4, mis oleks ligikaudu 5:

$$x_1 + x_2 = 5{,}4 \approx 5$$

Arv 5 on arvust 6 ilmselgelt erinev. Selline tulemus saadi siis, kui tundmatud ei võrdunud enam täpselt kolmega. Selline triviaalne matemaatiline analüüs illustreerib seda, et kuidas või mil viisil on teadlaste aju keskne teooria SLK-de kohta vale. See tähendab, et pealtnäha ehk nüansidesse laskumata on ajukeemia seletus SLK-de kohta üsna veenev, kuid detailidesse laskudes muutub tegelikkus hoopis teistsuguseks, mille korral ei pea argumendid ajukeemia teooria kaitseks enam vastu.

Võib üsna kindlalt väita, et surmalähedased kogemused on akadeemilises ringkonnas tabu teema. See nähtub selles, et laialt on levinud SLK-de nähtuste seletus, mille korral on see tingitud inimese

sureva aju illusioonidest, kuid palju vähem levinud on selle sama seletuse puudujäägid. Peavoolu teooria puudused seaksid üsna kiiresti levinud seletuse kahtluse alla. Kuna kaasaaegne meditsiini teadus toetub väga suuresti just ajukesksele õpetusele inimese bioloogilisest ja sotsiaalsest käitumisest, teadvuse olemusest ja psüühika toimimisest, siis seega seda asjaolu kahtluse alla viitavaid aspekte vaadatakse üldjuhul mööda. See on tabu, millest ei räägita või lausa teadlikult ignoreeritakse. See näitab, et surmalähedaste kogemuste õiglane seletus, mis arvestaks nähtuse kõiki aspekte, mitte osaliselt ega selektiivselt, on akadeemilises maailmas suuresti diskrimineeritud valdkond, millest tohib järeldusi teha ja avaldada infot ainult aju keskset teooriat pooldavalt. Teistsugused järeldused vaikitakse maha, vaadatakse mööda või lihtsalt teadlikult ignoreeritakse. SLK-d seletavad ajukeemia teooriad on tekkinud just sellepärast, et seda nähtust püütakse seletada selektiivselt, kaasamata nähtuse kõiki aspekte. See viitab sellele, et SLK nähtused on meditsiinis pigem akadeemilise eetika ja moraali küsimus või kohati isegi juriidilise iseloomuga probleem. Näiteks kui meditsiinis esineb nähtus (nagu seda on SLK), millel on küllaltki vastupidavad argumendid selle nähtuse reaalseks toimimiseks, kuid valdkonna spetsialistid ignoreerivad seda oma enda isiklikest vaadetest või ühiskonna hoiakutest lähtuvalt, siis seega on tegemist diskrimineerimisena tuntava suhtumisena. Kuna peavoolust erineva järeldusega artikleid, milles esitatakse hästi argumenteeritud ja vettpidavaid seisukohti, on keeruline või kohati lausa võimatu avaldada rahvusvahelises ajakirjanduses, siis seega on tegemist peale meditsiinilise probleemi lahendamise ka veel juriidilise dilemmaga, mis võib jõuda lõpuks pigem kohtu saalidesse, mitte ülikoolide või uurimisinstituutide auditooriumitesse.

Akadeemilisel ringkonnal on üsna raske omaks võtta seisukoht, et surmalähedane kogemus võib olla siiski reaalne nähtus ehkki sellele viitavaid usutavaid aspekte leidub rohkesti. Selles mõttes saab siin tõmmata paralleele teadusajalooga, mille korral on mõne teadmise ametliku tunnustamisega võtnud kaua aega. Näiteks 11. septembril 1822 teatas kardinalide kogu, et nüüdsest alates on ametlikult lubatud avaldada töid, milles on esitatud vaateid Maa tiirlemisest ümber Päikese. Heliotsentriline maailmapilt oli seega ametlikult lubatud. 22. juunil 1633. aastal oli Galileo Galilei sellise mõtte levitamise eest ketserina vangistaud. 31. oktoobril 1992. aastal (ehk rohkem kui 350 aastat hiljem) kuulutas katoliku kirik, et Galileil oli siiski õigus. Tundub, et teadlastel, kes tegelevad inimese kehast väljumise füüsikateooria ja tehnoloogia välja töötamisega, läheb nende vaadete ja teadmiste akadeemilise tunnustamiseni samuti kaua aega kui seda läks katoliku kirikul heliotsentrilise maailmapildiga.

Võib väita, et üks peamisi põhjusi, miks meditsiini valdkonna spetsialistid ja teised teadlased püüavad ignoreerida SLK-de tõelist olemust on see, et see ei vasta nende isiklikele vaadetele, akadeemilisele reeglistikule või ühiskondlikele hoiakutele. See võib esmapilgul tunduda triviaalse põhjusena, kuid näiteks SLK reaalseks nähtuseks osutumise korral oleks sellel väga suur sotsiaalühiskondlik ja kultuuriline mõju. Sellisel juhul oleks inimese elu pärast surma mitte ainult võimalik, vaid ka kogu aeg olemas olnud, mistõttu läheks see teravasse vastuollu akadeemilise käsitlusega maailmast ja inimühiskonnast. Selline vastuolu oleks paljudele teadlastele liiga radikaalne ettevõtmine, mistõttu on mugavam ja lihtsam seda eitada, ignoreerida või peitu pugeda ateistlikku maailmakorralduse taha. SLK-de reaalne nähtus tooks endaga kaasa rohkem küsimusi kui vastuseid: mis elu on pärast surma, kuhu me kõik läheme pärast surma, kas Jumal on olemas, kas teadus on meile valetanud, mis juriidilised õigused on teises ilmas, kas taevas ja põrgu on olemas jne? Inimkonna ajaloost on teada, et väga radikaalsete avastuste või teadmiste tekkimisel on selle vastasus alguses väga suur ja ühiskondlik või institutsionaalne tunnustamine väga aega nõudev. Näiteks võib siinkohal välja tuua sellise paralleeli, et SLK-de nähtuste tunnustamine reaalsetena oleks teaduses ilmselt sama suur väljakutse kui seda oleks olnud näiteks seksuaalvähemuste ehk LGBT-inimeste õiguste ühiskondlik tunnustamine 19. sajandi patriahaalses ja ülikonservatiivses ühiskonnas.

1.14 Surmalähedaste kogemuste uurimiste uus perspektiiv

Surmalähedasi kogemusi ei saa seletada mediaatorainete vallandumisega ajus või hapnikuvaegusega nägemisrakkudes, kuna näiteks mediaatorainete vallandumise ajal vahetult enne surma ei kogeta alati kehast väljumist ega nähta eredat valgust. Sellest vastuolust paraku järeldub, et surmalähedasi kogemusi ei saa lõpuni seletada vahetult enne surma esinevate ajukeemiliste protsessidega. Selleks tuleb luua uus teooria, mis seletaks surmalähedaste kogemuste kõiki aspekte, mitte ainult osaliselt või selektiivselt. Inimese kehast väljumise füüsikateooria on selleks parim võimalus. Kui varasemalt püüti seletada surmalähedasi kogemusi kui ajukeemiast tingitud illusioonidena, siis kehast väljumise teooria seletab seda reaalse nähtusena.

Ajukeemial põhinevate teooriate ja kehast väljumise füüsikateooria mõtteviisid ja meetodid erinevad üksteisest. Need teooriad, mis püüavad SLK nähtusi seletada inimese meditsiinilise seisundi ja ajukeemiaga, eeldavad, et SLK on surevast ajust põhjustatud illusioon, mida tuleb uurida neuroteaduses laialt kasutavate tehnoloogiatega: EEG, fMRI ja PET. Nad püüavad kasutada sellist teadusliku meetodi viisi, mis on neuroteadust seni väga edukalt edendanud. Kuid kehast väljumise füüsikateooria näeb SLK-d tõelise ehk reaalse nähtusena, mille korral tuleb luua uued füüsikateooriad kirjeldamaks inimese reaalset kehast väljumist. Sellisel korral saab kasutada samuti teaduslikku meetodit, kuid seda teistsugusel viisil võrreldes neuroteaduses kasutatavaga. See tähendab, et kõigepealt tuleb konstrueerida uued füüsikateooriad kirjeldamaks inimese reaalset kehast väljumist ja pärast seda tuleb otsida võimalusi nende teooriate katseliseks kinnitamiseks. Muul juhul ei saa inimese kehast väljumist mõista ega tõestada. Näiteks gravitatsiooni korral eeldasid teadlased esialgu selle eksisteerimist, kuna me kõik tajume raskusjõudu igapäevaselt. Järelikult on gravitatsioon olemas. Pärast seda loodi selle kirjeldamiseks füüsikateooriad (Newton ja Einstein), misjärel tehti omakorda katseid nende kinnitamiseks. Täpselt sama mõtteviis ja meetod on ka kehast väljumise teooria korralgi. Konstrueeritakse füüsikateooria, mis peab sisaldama ilmselt uusi mateeria ja aegruumi vahelisi füüsikaseadusi, kuid samas peab seda suutma vähemalt teoreetiliselt ja matemaatiliselt tõestada ning olema kooskõlas juba olemasoleva katseliselt tõestatud füüsikateadusega. See tähendab, et inimese kehast väljumise füüsikateooria on teoreetilise füüsika osa, mis kasutab teoreetilisele füüsikale omaseid mõtteviise ja meetodeid. Pärast seda peab füüsikateooriat suutma katseliselt tõestama või ümber lükata.

Inimese kehast väljumise füüsika mõistmise fundamentaalseks aluseks on ajas rändamise füüsikateooria. See tähendab ka seda, et ajas rändamise füüsikateooriast on võimalik tuletada inimese kehast väljumise füüsikateooria. Inimese kehast väljumist ei saa mõista ilma ajas rändamise füüsikata. Inimese kehast väljumine on ajas rändamise erijuht. Enne kui mõista inimese kehast väljumise füüsikat tuleb kõigepealt tundma õppida inimese ajas rändamise füüsikat. See tuleneb sellest, et inimese kehast väljumise füüsikateooria järgi saab kehaväline olek eksisteerida ainult hyperruumis, mida me mõistame aegruumi välise dimensioonina. Hyperruumi ja tavaruumi füüsikalist süsteemi kirjeldabki ajas rändamise füüsikateooria. Hyperruumis on võimalik liikuda ajas minevikku ja tulevikku ning hyperruumi dimensioon kirjeldab ka füüsikas tuntud relatiivsusteooria ja kvantmehaanika pealtnäha müstilisi nähtusi. Seetõttu võibki väita, et ilma teadmisteta hyperruumi ja tavaruumi füüsikalisest süsteemist ei saa mõista inimese kehast väljumise füüsikat. Inimese kehavälise oleku füüsika mõistmine peitub elektromagnetvälja ja aegruumi füüsika kontiinumis, mida kirjeldabki meile üsna veenvalt just ajas rändamise füüsikateooria.

Kehast väljumine ehk inimese närvisüsteemist väljade eraldumine põhineb elektromagnetlainete tekkimisel hyperruumi ehk väljapoole aegruumi tuhandete neuronite elektrilise talitluse käigus. Selline aspekt moodustab inimese kehast väljumise alusfüüsika ehk kehast väljumise füüsika põhiseaduse. Selline füüsikaline aspekt määrab ära kogu alusfüüsika mõistmaks väljade eraldumist inimese närvisüsteemist, millel põhineb inimese reaalne kehast väljumine.

> Väljad tegelikult ei „eraldu“ inimese ajust. See on illusioon. Väljad tekivad hyperruumi ehk väljapoole aegruumi inimese elektrilise närvitalitluse käigus. See tähendab seda, et väljad ei liigu otseselt ühest dimensioonist teise, vaid elektromagnetlaine tekkimisega tavaruumis

tekib see kohe automaatselt ka hyperruumi, kuna elektromagnetlaine eksisteerib täpselt nende kahe dimensiooni piiril. Inimese elektrilise närvitalitluse käigus tekivad elektromagnetlained peale aju ruumi ka veel hyperruumi ehk väljapoole aegruumi. Seetõttu kirjutamegi sõna „eralduma“ jutumärkides, kuna me kasutame seda sõna lihtsuse mõttes ka edaspidi.

Ajupiirkondade elektrilise funktsioneerimise tulemusena tekivad neuronite väljades muutused, mille tagajärjel tekivad elektromagnetlained. Need lained ei levi ruumis (s.t. vaakumis) iseseisvalt edasi, kuid nende tekkimise tõttu peavad need tekkima ka hyperruumis. See tähendab, et kogu inimese eluea jooksul (sünnist surmani) kiirgab närvisüsteem elektromagnetlaineid hyperruumi. Selles mõttes eksisteerib ümber inimese keha (kaasaarvatud ka aju) füüsikaline energiaväli, mis pole aegruumis tuvastatav ega mõjutatav, kuid hyperruumis on see olemas. Kui neuronite võrgustike ühendused võivad lakata, siis elektromagnetlainete eksisteerimised hyperruumis ei lakka mitte kunagi, mistõttu ei lakka ka nende omavahelised seosed hyperruumis. Seetõttu võib öelda, et kui ajus võivad psüühika ja teadvus kaduda neuronite võrgustike ühenduste nõrgenemise või sootuks lakkamise tõttu, siis inimest ümbritsevas energiaväljas seda ei juhtu. Kui inimene sureb ja leiab ennast äkki kehavälises olekus, siis tegelikult on inimese teadvus niiöelda „ärganud“ selles energiaväljas, mis ümbritses eluajal inimest.

Kui inimene „väljub“ oma kehast, siis eksisteerib inimene hyperruumis elektromagnetlainetena ehk valgusena. Sellisel juhul võib „inimest“ käsitleda „valgusolendina“. See tähendab, et kui footonid „eralduvad“ hyperruumi, siis võib järeldada seda, et „kehast väljudes“ eksisteerib inimene valgusena ehk footonitest. Kuid mitte igasugune elektromagnetlaine ei ole valgus ehk valguslaine. Kogu elektromagnetlainete lainepikkuste skaala jääb umbes 10^{-12} – 10^{4} meetri vahele, kuid nähtav valgus hõlmab sellest ainult 380 – 760 nanomeetrit. Siin ja edaspidi nimetame mistahes elektromagnetlainet valguseks ainult „tinglikult“, kuna mistahes elektromagnetlaine korral on siiski tegemist „footoniga“, mida mõistetakse kvantfüüsikas just „valguse osakesena“.

Võib väita, et footoneid on kahte liiki: reaalsed ja virtuaalsed footonid. Reaalsed footonid liiguvad vaakumis valguse kiirusega c, mille eluiga võib olla kuitahes suur. Footonitel puuduvad seisumassid ja elektrilaengud. Seetõttu ei saa need olla paigalolekus ja pole ka antifootoneid olemas. Sellised footonid saavad eksisteerida sõltumata neid tekitavatest protsessidest. Kuid teised footonid on virtuaalsed, kuna nende eksisteerimiste ajaperioodid on niivõrd väikesed, et katseliselt ei ole võimalik neid tuvastada. Sellised footonid vahendavad elektrilaengute vahelist elektromagnetilist vastastikmõju. Näiteks üks laeng kiirgab footoni, mille teine laeng neelab. Niimoodi tekibki jõud kahe laengu vahel. Ka sellistel footonitel ei ole seisumassi ega elektrilaenguid, kuid nende eksisteerimised sõltuvad neid tekitavatest protsessidest.

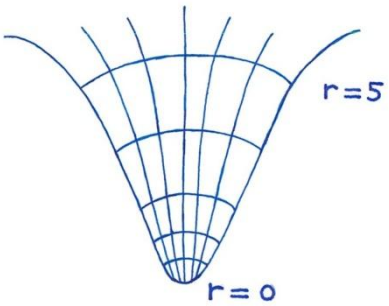
Inimese kehast väljumise füüsikateooria järgi eksisteerib inimene kehavälises olekus hyperruumis elektromagnetväljana. Täpsemalt öeldes moodustavad elektromagnetvälja elektromagnetlained, mis liiguvad tavaruumiga kaasa hyperruumi suhtes. Hyperruumi mõiste tuleneb tavaruumi K ja hyperruumi K’ füüsikalisest süsteemist, mida kirjeldab meile ajas rändamise füüsikateooria. Kvantfüüsika järgi on elektromagnetlained samas ka osakesed ehk footonid. Footonitel ei ole seisumassi. Seetõttu võib öelda, et kehavälises olekus ei oma inimene enam massi. Sellisel juhul eksisteerib inimene ainult energiaväljana, millel ei ole massi. Bioloogilise kehana omab inimene massi, kuna see koosneb aineosakestest. Kõikidel aineosakestel esinevad seisumassid.

1.14.1 Ajas rändamise füüsikateooria alused

Ajas rändamise füüsikateooria üheks põhialuseks on postulaat, et erinevatel ajahetkedel on olemas samas ka erinevad ruumipunktid ehk ajas rändamiseks minevikku või tulevikku peab

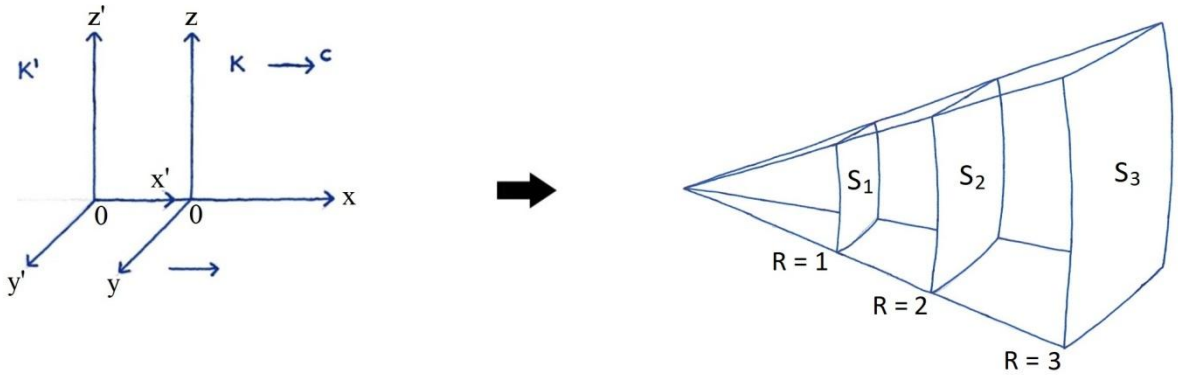
inimene liikuma ruumidimensioonis, mis eksisteerib väljaspool aegruumi. See tähendab ka seda, et mida kaugemal ajas (näiteks minevikus või tulevikus) mingisugune sündmus aset leiab, seda kaugemal see ka ruumis toimub. Selline seaduspärasus avaldub looduses Universumi kosmoloogilise paisumisena. Näiteks, kui Universumi ruumala suureneb ajas, siis seega on erinevatel ajahetkedel Universumi ruumala ja ka kõikide kehade ruumikoordinaadid Universumis erinev. Selline asjaolu on ilmselgelt seotud ajas rändamise füüsikateooria ühe alusväitega, mis ütleb, et erinevatel ajahetkedel on samas ka erinevad ruumipunktid. Tavaruumi K ja hyperruumi K' füüsikaline süsteem tuletataksegi just sellest samast alusväitest. Kuid sellist süsteemi on võimalik tuletada ka ainult Universumi paisumisest.

Näiteks Universumi kosmoloogilist paisumist kujutatakse sageli ette just kera või õhupalli paisumisena juba eelnevalt olemasolevasse ruumi. Kuid universum ei paisu eelnevalt olemasolevasse ruumi. Sellisel juhul on väga selgesti näha seda, et kera pinnal oleva keha sfäärilised koordinaadid (ehk ruumipunktid) on erinevatel ajahetkedel erinevad. Sama on ka kera raadiuse pikkusega. Mida enam Universum paisub (ehk mida suurem on Universumi kujuteldav raadius r), seda enam suureneb kahe punkti vaheline kaugus ruumis. Universumi (meetriline) paisumine avaldubki punktide vaheliste kauguste suurenemisena ruumis. Kuid arvestama peab seda, et selline kauguste suurenemine ilmneb alles väga suures ruumi mastaabis – näiteks galaktikate parvede ja superparvede tasandil ehkki sellest hoolimata muutuvad kõikide kehade ruumikoordinaadid Universumis.



Joonis: Universumi ruumala on erinevatel ajahetkedel erinev.

Kuna tavaruumi K ja hyperruumi K' füüsikaline süsteem on kahtlemata seotud Universumi kosmoloogilise paisumisega, siis seega ei kasuta me enam Cartesiuse ristkoordinaadistikku. Järgnevad esitused tulevad nüüd sfäärilistes koordinaatides. See tähendab seda, et Cartesiuse ristkoordinaadistikust minnakse üle sfäärilistesse koordinaatidesse. Seda illustreerivad meile ka allolevad joonised.



Joonis: Cartesius´e ristkoordinaadistikust sfäärilisse koordinaadistikku, sest ajas liikumine avaldub looduses Universumi paisumisena.

1.14.2 Valguse tekkimine aegruumi välises dimensioonis

Üldteada on seda, et muutuv elektriväli tekitab magnetvälja ja see muutuv magnetväli tekitab omakorda jälle elektrivälja jne. Niiviisi on elektriväli ja magnetväli omavahel lahutamatult seotud ja nad moodustavad kokku ühtse elektromagnetvälja. Elektromagnetväljad võivad aga eksisteerida elektromagnetlainetena. See tähendab seda, et muutuvad väljad hakkavad lainena edasi levima. Kuid selliselt tekkivad elektromagnetlained ei ole aga ruumis püsivad. See tähendab seda, et need lained ei saa olla üksteise suhtes paigal, sest need liiguvad vaakumis kiirusega c. Sellisel juhul need lained hajuvad üksteisest ja lainete ehk väljade omavahelist konfiguratsiooni ei saa tekkida. Kuid peale elektri- ja magnetvälja omavahelise seose on need väljad seotud ka veel aegruumiga. Järelikult kui muutuvad väljad ajus ei põhjusta väljade eraldumist ajust, siis ehk väljade seos aegruumiga?

Elektromagnetlaine ja aegruumi omavahelisest seosest ilmneb kolm väga olulist aspekti:

1) Valguse kiiruse c korral teisenevad aeg t ja ruum l lõpmatuseni ehk aja ja ruumi eksisteerimised lakkavad olemast:

$$t = \frac{t'}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t'}{\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}} = \frac{t'}{0} = \infty$$

ja

$$l = l_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = l_0\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}} = l_0 * 0 = \frac{1}{\infty}$$

Valguse kiirusest c väiksematel kiirustel ei võrdu aja ja ruumi teisenemised enam lõpmatusega.

2) Kuid samas liigub valgus meie igapäevaselt tajutavas ruumis (s.t. tavaruumis) kiirusega $v = c$.

3) Valguse kui elektromagnetlaine tekkimine/sündimine toimub samuti valguse kiirusega c. Footonil ei ole seisumassi, mis tähendab seda, et see ei saa eksisteerida paigalolekus. Footon omandab tekkimise hetkel kiiruse c. Neeldumisel annab footon oma energia sellele kehale, kus ta neeldus ja lakkab olemast.

Aeg ja ruum „lakkavad eksisteerimast“ niisamuti ka Plancki pikkuse l mõõtkavas:

$$l = \sqrt{\frac{Gh}{c^3}} = 1{,}616 * 10^{-35}\, m$$

mis tähendab seda, et Plancki pikkusest l väiksematel mõõtkavadel ei ole Universumil enam füüsikalist eksistensi. Plancki pikkuse l ja Plancki aja t jagatis annab meile valguse kiiruse c ehk „Plancki kiiruse v“:

$$v^2 = \frac{l^2}{t^2} = \frac{Ghc^5}{c^3Gh} = c^2$$

Plancki aja ja Plancki pikkuse olemasolu ehk selle tulenemine aegruumi füüsikast näitab, et hyperruumi dimensioon „eksisteerib“ väljaspool aegruumi, mida on võimalik mõista Plancki aja ja Plancki pikkuse „järgse“ dimensioonina. See tähendab seda, et hyperruum „algab“ sealt, kust lõpeb meie tajutav aegruum. Meie tajutavat aegruumi „piirabki“ Plancki aeg ja Plancki pikkus ehk antud juhul valguse kiirus c.

Nendest tulenevalt võib öelda seda, et valgus (elektromagnetlaine) eksisteerib täpselt kahe dimensiooni (tavaruumi K ja hyperruumi K’) „vahelisel piiril“. See tähendab seda, et elektromagnetlaine eksisteerib täpselt mõlema dimensiooni (tavaruumi K ja hyperruumi K’) „piiri peal.“ Sellest tulenevalt võib väita seda, et valguse tekkimise ehk kiirgumise korral peaks valgus tekkima mõlemas dimensioonis korraga samaaegselt. See tähendab, et valgus tekib tavaruumis ja hyperruumis korraga samaaegselt ehk osa valgusest tekib tavaruumi ja teine osa hyperruumi.

Selle illustreerimiseks toome järgnevalt välja ühe näite kahe tühja anumaga. Oletame, et meil on üksteisele kõrvuti paiknevat tühja anumat. Kui neisse lasta vett niimoodi, et vesi kallata täpselt kahe anuma piiril, siis tungib vesi korraga samaaegselt mõlemasse anumasse. Täpselt sama põhimõte on ka valguse tekkimisega ehk kiirgumisega Universumis. Valgus (s.t. elektromagnetlaine) eksisteerib täpselt kahe dimensiooni (tavaruumi K ja hyperruumi K’) „vahelisel piiril“, millest tulenevalt võib väita seda, et valguse tekkimise ehk kiirgumise korral peaks valgus tekkima mõlemas dimensioonis korraga samaaegselt ehk osa valgusest tekib tavaruumi ja teine osa hyperruumi.

1.14.3 Neurokiirgus

Väljade eraldumine, mis on aluseks inimese reaalsele kehast väljumisele pärast surma ehk teadvuse ja psüühika eksisteerimisele väljaspool surnud närvisüsteemi, sõltub peamiselt aju üldise ja lokaalse elektrilise aktivatsiooni tasemest ja seega inimese surmast. Näiteks inimese surma korral ei ole ajupiirkonnad enam elektriliselt aktiivsed. Seetõttu on neuronite laenglemised ja närviimpulside levimised närvisüsteemis määravad asjaolud väljade eraldumiseks inimese närvisüsteemist, mis oleks inimese reaalse kehast väljumise füüsikaliseks aluseks.

Inimese kehast väljumise füüsikateoorias tõestatakse, et inimese närvisüsteemist „eralduvad“ elektromagnetlained hyperruumi just elektriliste impulsside asukohtadest. See tähendab, et elektriimpulsi tekkimise ja lakkamise (ehk selle levimise) ajal tekivad ka elektromagnetlained, mistõttu peaksid need „tekkima“ ka hyperruumi.

Elektriimpulsid levivad praktiliselt kõikjal inimese närvisüsteemis ehk kogu närvisüsteemi ulatuses (kõikjal kus on neuronite kehad, nende jätked ja aksonid) ning seda ajas pidevalt. Seetõttu peaksid nendes tekkivad elektromagnetlained tekkima ka hyperruumi samuti kogu närvisüsteemi ulatuses ja peale selle peaks inimene „kiirgama“ elektromagnetlaineid ka pidevalt (isegi elus olles). Kuid selline „kiirgamine“ ei toimu meie tajutavas ümbritsevas aegruumis, vaid sellest väljapool ehk hyperruumi dimensioonis ja seetõttu ei ole sellist „neurokiirgust“ võimalik katseliselt tuvastada.

> Kuna inimene peaks „kiirgama“ elektromagnetlaineid hyperruumi pidevalt (isegi elus olles), kuid sellist „neurokiirgust“ ei ole võimalik katseliselt tuvastada, siis seega võib see seletada kunagi ka inimese telepaatia ja selgeltnägemise võime teadusliku olemuse.

Inimese närvisüsteemist „eralduvad“ elektromagnetlained hyperruumi just elektriliste impulsside asukohtadest, kuna elektriimpulsi levimise ajal tekivad nendes ka elektromagnetlained, mistõttu peaksid need „tekkima“ ka hyperruumi. See tähendab, et kui hyperruumi tekkivad elektromagnetlained on seotud inimese ajus tekkivate elektriimpulssidega ja need samad impulsid on omakorda seotud ajusagedusega ehk ajulainetega, siis seega hyperruumi tekkivad elektromagnetlained peavad olema samuti seotud ka ajusagedusega ehk ajulainetega.

Siinkohal võib tekkida õigustatud küsimus, et kui juba elus olles tekivad inimese ajus elektromagnetlained, mistõttu peaks neid tekkima ka hyperruumis ehk väljaspool aegruumi, siis peaks inimese kehast väljumine avalduma ka siis, kui inimene on elus, mitte surnud. Kuid inimese kehast väljumist sellisel juhul siiski ei esine. Elektromagnetlained tekivad ka neuronite laenglemiste tulemusena ja närviimpulsside levimise tõttu närvisüsteemis, mistõttu peaksid elektromagnetlained tekkima hyperruumi ka siis, kui inimene on elus ja tema aju funktsioneerib täiesti normaalselt. See tähendab, et kehast väljumine peaks esinema ka siis, kui inimene on elus ja terve, mitte ainult siis, kui ta satub surmaeelsesse olekusse või üldse surma seisundisse.

> Elektromagnetlained peaksid tekkima hyperruumi ka inimese närvisüsteemi normaalse funktsioneerimise korral. See tähendab, et inimese kehast väljumine peaks avalduma ka elus olles, kuid sellegipoolest seda siiski ei esine. See tähendab, et kehast väljumist ei esine närvisüsteemi normaalse funktsioneerimise korral, kuigi tegelikult peaks.

Kuna elektromagnetlained tekivad ka närvisüsteemi normaalse funktsioneerimise korral, siis seega võib sellest järeldada, et kehast väljumist esineb tegelikult ka siis, kui inimene on elus ja terve, kuid seda ei ole võimalik teadvustada. See tähendab seda, et elus olles „kiirgab“ inimese närvisüsteem elektromagnetlaineid hyperruumi, kuid seda inimene ise ei teadvusta. Selle mitte teadvustamine tuleneb otseselt sellest, et inimese aju funktsioneerib normaalselt ehk neuronid laenglevad ja närviimpulsid levivad mööda aksoneid, mistõttu teadvus ja psüühika esinevad sellisel juhul ajustruktuurides. Teadvuse ja psüühika tekkimine väljaspool närvisüsteemi on sellisel juhul samuti võimalik, kuid seda inimene ise ei koge ja seetõttu pole see ka oluline. See tähendab, et kui inimese närvisüsteem on normaalses funktsioneerimises, siis seega närvisüsteemivälist eksisteerimist ei teadvustata ehkki kehaväline eksisteerimine võib tegelikult olemas olla. Ajustruktuuride elektriline aktiivsus ongi see, mis „ei lase“ teadvustada kehavälist olekut. Siinkohal ei mõelda illusionaarset kehavälist kogemust, vaid reaalset kehavälist kogemust.

Närvisüsteemi normaalse funktsioneerimise korral ei teadvusta inimene kehavälist eksisteerimist. Kui aga aju elektriline aktiivsus on lakanud näiteks südameseiskumise tagajärjel, siis inimese närvisüsteem ei kiirga enam elektromagnetlaineid hyperruumi. Neuronite elektrilise laenglemise lakkamise ja seega elektriimpulsside mittelevimise korral ei esine ajus enam elektromagnetlaineid, mistõttu ei teki neid ka hyperruumi. Sellisel juhul ei ole inimese ajus enam teadvust ega psüühilist tegevust. Kui enne närvisüsteemi elektrilise aktiivsuse lakkamist kiirgab inimene oma viimaseid elektromagnetlaineid hyperruumi, siis võib sellest oletada, et inimese teadvus ja psüühika avalduvad sellisel juhul juba kehavälises olekus ehk hyperruumi kiirgunud viimaste elektromagnetlainete väljas. See tähendab, et inimene teadvustab kehavälist eksisteerimist ainult siis, kui närvisüsteemi elektriline aktiivsus on täielikult või suuremalt jaolt lakanud. Ajustruktuurides lakanud elektriline aktiivsus „ei sega“ inimest enam teadvustamast kehavälisest eksisteerimisest. See tähendab ka seda, et teadvuse ja psüühilise tegevuse kehaväline eksisteerimine võib avalduda ainult inimese närvisüsteemi elektromagnetlainete kiirgamise „viimases faasis“, s.t. vahetult enne kiirgamise täielikku lakkamist.

Elus olles „kiirgab“ inimese närvisüsteem elektrilise aktiivsuse tõttu elektromagnetlaineid hyperruumi sarnaselt nii nagu elektripirn kiirgab valgust tavaruumi. See protsess on ajas pidev. Sellisel juhul ei teadvusta inimene hyperruumi sattuvat kiirgust ja seega ka kehavälist eksisteerimist. On alust arvata, et kui närvisüsteemi elektriline aktiivsus hakkab lakkama, siis see põhjustab inimese teadvustamist kehavälisest eksisteerimisest. Näiteks kui ajustruktuurides ei esine enam elektrilist aktiivsust või seda on väga vähesel määral võrreldes normaalse ajuaktiivsusega, siis seega inimese ajus ei esine ka teadvust ega psüühilist tegevust. Kuid vahetult enne ajustruktuuride elektrilise aktiivsuse lakkamist kiirgas aju hyperruumi oma „viimaseid“ elektromagnetlaineid (s.t. viimast korda), mistõttu võib teadvus ja psüühiline tegevus „jätkuda“ hyperruumi kiirgunud elektromagnetlainete väljas. See tähendab seda, et kui ajus olev elektriline aktiivsus lakkab (põhjustamaks ka inimese teadvuse ja psüühilise tegevuse lakkamist) ning närvisüsteemist kiirgunud elektromagnetlainete väljas saab eksisteerida teadvus ja psüühiline tegevus, siis seega võivad need asjaolud põhjustada inimese teadvustamist kehavälisest eksisteerimisest pärast

närvisüsteemi elektrilise aktiivsuse lakkamist.

Kui ajustruktuurides esineb sellist elektrilist aktiivsust, mida saab võrrelda normaalse ajuaktiivsusega, siis seega võib inimese ajus esineda teadvus ja psüühiline tegevus. Seetõttu ongi ajustruktuurides esinev elektriline aktiivsus see, mis „ei lase“ teadvustada reaalset kehavälist olekut ehkki seda võib tegelikkuses eksisteerida. Kui ajus olev elektriline aktiivsus lakkab (põhjustamaks ka inimese teadvuse ja psüühilise tegevuse lakkamist) ning närvisüsteemist kiirgunud elektromagnetlainete väljas saab eksisteerida teadvus ja psüühiline tegevus, siis seega võivad need kaks asjaolu põhjustada inimese teadvustamist kehavälisest eksisteerimisest pärast närvisüsteemi elektrilise aktiivsuse lakkamist. Piltlikult tähendab see seda, et teadvus ja psüühika „vahetavad oma asukohta“: ajus esinemise asemel esinevad need nüüd hyperruumis eksisteerivas elektromagnetlainete väljas, kuna esimene variant on nö. „välja lülitatud“. Ajustruktuurides esinev elektriline aktiivsus võib lakata eksisteerimast, mistõttu lõpeb ka närvisüsteemi elektromagnetlainete kiirgamine hyperruumi, kuid närvisüsteemist kiirgunud elektromagnetlainete väli, mis eksisteerib hyperruumis, ei lakka eksisteerimast.

Inimese teadvus ja psüühiline tegevus esineb siis kui ajus eksisteerib elektriline aktiivsus. Elektriline aktiivsus, mida nimetatakse vahel ka „bioelektriks“, seisneb neuronite laenglemises, mida põhjustavad elektriimpulside levimised mööda närvikiude, näiteks mööda aksoneid ja dendriite. Bioelekter on selline elekter, mis esineb elusorganismides või mida tekitavad elusorganismid. Nüüdisaegne neuroteadus on tõestanud, et inimese teadvus ja psüühiline tegevus on seotud eelkõige laenglevate neuronite omavaheliste elektromagnetliste interaktsioonidega, mitte niivõrd neuronite bioloogiliste protsessidega. Neuronite bioloogilisteks protsessideks võivad olla närviraku sisesed protsessid või isegi sünapsites toimuvad keemilised reaktsioonid. Elektromagnetiliste interaktsioonide struktuurid miljonite laenglevate neuronite vahel on äärmiselt keerulised, mitmekesised, muutlikud, spetsiifilised ja varieeruvad, mistõttu teadvust ja psüühilist tegevust tagavaid interaktsioone on peaaegu võimatu avastada ja uurida. Kuid kindel on see, et inimese teadvus ja psüühiline tegevus avaldub nendes interaktsioonides.

Kuna elektromagnetlained „eralduvad“ inimese närvisüsteemist ka elus olles, mitte ainult vahetult enne surma, siis seega „kiirgab“ inimene elektromagnetlaineid hyperruumi pidevalt. Sellist nähtust võime nimetada „neurokiirguseks“. Sellisel juhul on inimese reaalne kehast väljumine ehk teadvuse ja psüühilise tegevuse eraldumine inimese ajust neurokiirguse erivorm või selle lõppfaas. Näiteks kui kiirgamine lõpeb inimese suremise tõttu, siis esinebki kehast väljumine. Kehast väljumist ei esine kiirgamise ajal ehk närvisüsteemi normaalse talitluse käigus.

Ajuaktiivsuse lakkamise korral „vahetavad“ inimese teadvus ja psüühika „oma asukohta“: ajus esinemise asemel esinevad need pärast ajuaktiivsuse lakkamist hyperruumis eksisteerivas elektromagnetlainete väljas, kuna esimene variant on nö. „välja lülitatud“. Ajustruktuurides esinev elektriline aktiivsus võib lakata eksisteerimast, mistõttu lõpeb ka närvisüsteemi elektromagnet-lainete kiirgamine hyperruumi, kuid närvisüsteemist kiirgunud elektromagnetlainete väli, mis eksisteerib hyperruumis, ei lakka eksisteerimast. Seetõttu saabki inimene sellisel juhul teadvustada kehavälist olekut. Kuid siinkohal saab märkida ka seda, et see kehtib ka vastupidisel juhul, mis küll ei tõendaks otseselt sellist teadvuse ja psüühika asukoha vahetust, kuid annab sellisele arusaamale usutavust juurde. Näiteks kui inimese ajuaktiivsus peaks uuesti tööle hakkama pärast kliinilise surma seisundit, siis võib inimene tulla uuesti teadvusele niiöelda oma bioloogilises kehas ja seejuures mäletada oma kehaväliseid kogemusi. See tähendab seda, et hyperruumis eksisteeriva elektromagnetlainete välja asemel esinevad inimese teadvus ja psüühika nüüd taas ajustruktuurides, kuna ajuaktiivsus kui selline „variant“ ei ole enam „välja lülitatud“. Aju on nüüd uuesti tööle hakanud. Inimese kehast väljumise füüsikateooria ei kirjelda närvikoest „eraldunud“ väljade „taasühinemist“ närvikoega, mille korral võiks seda tõlgendada kehavälisest olekust tagasi bioloogilisse kehasse tulemisena. Põhjus seisneb selles, et hyperruumi „eraldunud“ väljad lihtsalt ei saagi enam tagasi tulla aegruumis eksisteerivatele laengutele või väljadele, mis oli nende tekkimiste allikaks. Sellist võimalust nüüdisaegne füüsikateadus ei tunne. Küll aga saab „teadvuse ja psüühika asukoha vahetuse“ teooriaga ära seletada inimese kehavälisest olekust tagasi tulemist bioloogilisse kehasse. See võimaldab ka mälestuste säilimist kehavälisest olekust. Näiteks pärast kliinilist surma tulevad inimesed taas teadvusele ja räägivad meditsiinilisele personalile oma üleelamistest, mis oli

juhtunud kehavälises olekus. Seega nad mäletavad oma surmalähedasi kogemusi.

Kuna inimese närvisüsteemist peavad eralduma just need väljad, mille tekitavad miljonid elektriimpulsid üle kogu närvisüsteemi, siis seega peab inimese reaalne kehast väljumine toimuma enne kooma, kliinilise surma või ajusurma seisundi saabumist. Kooma ja surma seisundi korral on elektriimpulsid lakanud olemast inimese ajus. Siinkohal mõeldakse sellist kehast väljumist, mille korral inimene ka teadvustab kehavälist eksisteerimist. Selline kehast väljumine saab toimuda ainult inimese aju normaalse funktsioneerimise ja ajusurma vahepealses staadiumis ehk aju suremise faasis, mitte siis kui on juba saabunud ajusurm. Suremise faasis ei ole inimene enam teadvusel ja erinevate ajupiirkondade tööd hakkavad üksteise järel lakkama. Kui inimene on kooma või kliinilise surma seisundis, siis ei toimu enam mingit kehast väljumist. Selleks ajaks on see juba toimunud.

Väljade eraldumine närvisüsteemist hyperruumi saab toimuda ainult neuronite laenglemiste ja liikuvate elektriimpulside arvelt, kuna näiteks laenglevate neuronite vahelises ruumis eksisteerivad elektriväljad. See tähendab seda, et ainult neuronite laenglemistega ja liikuvate elektriimpulssidega tekitatud väljad võivad „eralduda“ ajust, sest näiteks kliinilises surmas ehk aju puhkepotentsiaali seisundi ajal neuronid enam ei laengle ega levi närviimpulsse ning seetõttu ei eksisteeri neuronite vahelises ruumis enam väljasid. Füüsikast on teada, et välja allika kadumisega hakkab koheselt lakkama ka väli ise.

Peaaegu kõikidel meditsiinilistel juhtudel, mille korral esinevad surmalähedased kogemused, ei mäleta patsiendid oma kehast „eraldumise“ tunnet. Enamasti mäletatakse seda, et alguses (vahetult enne surma) piineldakse hirmsate valude käes, mida vigastatud inimese keha põhjustab, ja pärast seda tuntakse äkki, et ollakse oma enda kehast lahus. Kehavälise olekuga kaasneb imeline kaalutuse tunne ja erakordne võimalus reaalselt oma keha eemalt näha. Sellest võib järeldada, et inimene eraldub oma kehast teadvusetus seisundis ehk eraldumine toimub teadvusetus seisundis. See tähendab seda, et kehast eraldumise hetkel on teadvus lakanud eksisteerimast ja see hakkab taas eksisteerima alles kehast lahus olles, kui inimene tunneb ennast äkki kehast lahus olevana. Võib öelda, et enne kehast väljumist on inimene väga väikese aja jooksul surnud, kuid „taas elustub“ kehavälises olekus. See tähendab, et kehalise ja kehavälise oleku vahel on inimene reaalselt ajutiselt surnud.

1.14.4 Teadvuse ja psüühika tekkimine „valgusväljas“

Hyperruumi tekkivad elektromagnetlained, mis võivad inimese ajust „eralduda“, saavad ruumis olla püsivad. See tähendab seda, et need lained on üksteise suhtes paigal ehk need lained ei haju ajust eraldumisel üksteisest laiali. Sellisel juhul saab tekkida lainete ehk väljade omavaheline konfiguratsioon, millel võiks baseeruda inimese psüühiline ja teadvuslik tegevus.

Kui elektromagnetlaine „tekib“ hyperruumi, siis kohe pärast tekkimist hakkab see liikuma hyperruumi suhtes kiirusega c, kuid tavaruumi suhtes jääb see paigale, kuna tavaruum ise ka liigub hyperruumi suhtes kiirusega c. Selline asjaolu põhjustabki „elektromagnetlainete mittehajumist üksteise suhtes“. Valguslainete omavektorid ei liigu hyperruumis sihitult ringi, vaid nende liikumised on suunatud hyperruumist tavaruumi, mis füüsikaliselt väljendubki tavaruumiga kaasa liikumisena hyperruumi suhtes valguse kiirusega c. See tähendab seda, et ruumipiirkond, milles eksisteerivad lugematul hulgal üksteisest mittehajuvaid elektromagnetlaineid, võib eksisteerida näiteks otse inimese kõrval, kuid inimene ise seda ei näe ega taju.

Matemaatilised avaldised näitavad, et elektromagnetlaine elektri- ja magnetväli on ruumis väga lokaliseeritud võrreldes keha laengu väljaga, mis võib teoreetiliselt olla lõpmata ulatusega. Seetõttu ei saa erinevate elektromagnetlainete väljade omavaheline kontakt ja konfiguratsioon olla nii nagu seda on inimese ajus olevate väljade korral, mis on põhjustatud tuhandete neuronite laenglemistest. Erinevate elektromagnetlainete väljade omavaheline kontakt ja seeläbi ka konfiguratsioon (millel põhineks inimese teadvus ja psüühiline tegevus) peab olema kuidagi teisiti avalduv.

Kuna aegruumi intervall võrdub kogu hyperruumi K´ ulatuses nulliga, siis seega on erinevate elektromagnetlainete omavahelised kaugused tegelikult olematud ja seetõttu on erinevad elektromagnetlained omavahel „füüsiliselt“ seotud sarnaselt nii nagu vastastikmõjus üksteisele lähedal olevad elektriliselt laetud kehad aegruumis ehk tavaruumis K. Selline abstraktne füüsiline seos on võimalik ainult väljaspool aega ja ruumi ehk hyperruumis, kuna selles ei eksisteeri enam aega ega ruumi, mistõttu on intervall erinevate ajahetkede vahel ja erinevate ruumipunktide vahel praktiliselt olematud. Seetõttu on võimalik erinevate elektromagnetlainete väljade omavaheline vastastikmõju sarnaselt nii nagu seda on näiteks üksteisele piisavalt lähedal olevate elektriliselt laetud kehade omavaheline vastastikmõju aegruumis. Elektriliselt laetud kehad mõjutavad ajas ja ruumis ehk tavaruumis üksteist väljade kaudu.

Erinevate elektromagnetlainete väljade omavaheline vastastikmõju hyperruumis toimib sarnaselt nii nagu seda on näiteks üksteisele piisavalt lähedal olevate elektriliselt laetud kehade omavaheline vastastikmõju aegruumis. See lause tähendab seda, et kui ühe elektromagnetlainega midagi juhtub (näiteks muutub sagedus, spinn, energia või impulss), siis mõjutab see silmapilkselt (ehk 0 sekundiga) ka teist elektromagnetlainet. Sellist vastastikmõju mõistame kvantpõimumisena, mis on oma olemuselt palju abstraktsem kui näiteks elektrilaengute vaheline vastastikmõju aegruumis. Elektriliselt laetud kehad mõjutavad ajas ja ruumis ehk tavaruumis üksteist väljade kaudu elektrijõududega.

Kvantmehaanikast on teada, et osakeste spinnide olekute vahel esineb kvantpõimumine. Osakeste kvantpõimumist põhjustab aja ja ruumi eksisteerimise lakkamine hyperruumi dimensioonis. Osakeste kvantpõimumine väljendub selles, et ühe osakese spinni mõõtmine mõjutab teise osakese spinni kõigest 0 sekundiga ja seda mistahes ruumilise vahemaa korral. Näiteks kahe osakese korral võib teine osake eksisteerida lausa teises galaktikas miljardite valgusaastate kaugusel. Kuna footonid saavad omavahel kvantpõimuda ja samas on footonid ka valguse osakesed (elektromagnetlained), siis seega võib põhimõtteliselt mõista ka nii, et elektromagnetlained omavahel kvantpõimuvad. Elektromagnetlaine ja footon on ühe ja sama nähtuse kaks erinevat külge, sarnaselt nii nagu ühel ja samal mündil on kaks erinevat külge.

Inimese ajus on olemas miljardeid neuroneid ja need kõik tekitavad oma laenglemistega elektriväljasid, mis kõik kokku summeerudes tekib üle kogu aju üldine elektriväli. Näiteks kui makroskoopilised kehad saavad laengu, siis keha laeng tekib laetud osakeste summast ehk keha laengu elektriväli moodustub laetud osakeste väljade liitumisel. Inimese teadvusseisund esineb ainult aju üldise aktiivsuse juures ja mingi kindel teadvuse sisu esineb ainult mingi kindla ajupiirkonna aktiivsuse korral. Neuronite aktiivsus tähendab aga nende neuronite laenglemist ajas ja ruumis. Elektriliselt laetud keha tekitab ümbritsevas ruumis elektrivälja ja seega on teadvuse tekkimine (ja selle olemus) seotud just nende füüsikaliste väljadega (mida siis neuronid oma laenglemistega aju ruumis tekitavad), mitte aga otseselt just neuronite endiga. See tähendab seda, et teadvus võib seotud olla just neuronite väljadega ehk siis aju üldise elektriväljaga, mitte niivõrd neuronite endiga. Näiteks kui neuroneid ajus ei oleks, kuid kõikide kadunud neuronite väljad eksisteeriksid ja funktsioneeriksid täpselt samamoodi edasi, siis tõenäoliselt jääks kestma ka teadvus (psüühika).

Inimese ajust eraldunud väljade süsteemis puuduvad „elektrilise impulsi“ olemasoluks vajalikud neuronaalsed struktuurid ja väljade ruumilised ulatused on võrreldes neuronite laengute väljadega palju lokaalsemad, mistõttu ei saa väljad üksteisega otsest kontakti luua nii nagu seda teevad neuronite laengute väljad inimese ajus. Kuid sellest hoolimata (aegruumi eksisteerimise lakkamise tõttu) toimub väljade omavaheline kommunikeerumine, mille tulemusena tekib ka väljade konfiguratsioon. See tähendab seda, et sellises väljade süsteemis toimub väljade omavaheline kommunikeerumine ja väljade konfiguratsiooni (teadvuse) tekkimine palju abstraktsemalt kui seda näiteks inimese ajus olevate neuronite korral.

Kogu maailmapilt on inimese ajus erinevate ajupiirkondade vahel ära „liigendatud“. See tähendab seda, et erinevaid psüühilisi omadusi ja teadvuse elamusi töötlevad erinevad lokaalsed ajupiirkonnad. Kuna inimese kehast väljumise korral „eralduvad“ füüsikalised väljad erinevatest ajupiirkondadest üle terve aju, siis järelikult peaksid töötlema inimese erinevaid psüühilisi omadusi ja teadvuse elamusi kehast väljumise oleku korral samuti just erinevad elektromagnetlainete ehk

väljade ruumipiirkonnad. See tähendab seda, et kogu maailmapilt peaks inimese kehast väljunud olekus olema erinevate elektromagnetlainete ruumipiirkondade vahel ära liigendatud täpselt nii nagu on seda erinevate ajupiirkondade korral. Nende kahe vahel peaksid sarnasused olema üsna ilmsed.

1.15 Sissejuhatus ülitsivilisatsiooniteooriasse

Inimese kehast väljumise füüsikateooria kirjeldab ja uurib inimese kehavälise oleku reaalset võimalikkust. Kuid see on esimene osa sellisest teaduslikust teooriast, mida võib nimetada tinglikult ülitsivilisatsiooniteooriaks ehk lühidalt ÜTT-ks. Teine osa kirjeldab ja uurib inimese kehavälise oleku mõju ühiskonnale ja tsivilisatsioonile tervikuna. Kui inimese kehast väljumise füüsikateooria aluseks oli ajas rändamise füüsikateooria, siis ülitsivilisatsiooniteooria aluseks on inimese kehast väljumise füüsikateooria.

Ülitsivilisatsiooniteooria on selline pealtnäha futuristlik teadusharu, mis püüab uurida inimese kehavälise oleku eksisteerimise võimalikkust ja selle sotsiaalset mõju inimühiskonnale ja tsivilisatsioonile tervikuna. Seetõttu tähistab termin „ülitsivilisatsioon“ sellist tsivilisatsiooni ehitust, toimimist ja taset, mille moodustavad kehavälised intellektid, mitte enam bioloogilised intellektid. Nii nagu bioloogilised inimesed on loonud tsivilisatsioone, nii ka kehavälised inimesed võivad moodustada tsivilisatsiooni. Kuna see teadusharu sisaldab terminit „tsivilisatsioon“, siis seega kasutatakse selliseid mõisteid, mis esinevad näiteks sotsiaal- ja humanitaarteaduslikes uurimisvaldkondades. Uurimismeetodid on pigem teoreetilist laadi, kuna puudub vaatluste või katsete võimaluse olemasolu. Näiteks stringiteooria kuulub teoreetilise füüsika valdkonda ja seega on tegemist teadusliku uurimisvaldkonnaga ehkki katseid ega vaatlusi ei saa stringiteoorias teha.

Inimese kehast väljumise füüsikateooria näitab veenvalt meile seda, et kehast väljumist tekitav tehnoloogia oleks meie maailmale absoluutselt fundamentaalse mõjuga tehniline saavutus. Ainuüksi füüsikateooriast tulenevad väga palju selliseid aspekte, mis eristavad kehast väljumist tekitavat tehnoloogiat kõikidest teistest tehnilistest saavutustest, mis inimkond on kunagi välja mõelnud. Võib üsna kindlalt väita, et kehast väljumise tehnoloogia oleks ilmselt kõige olulisem tehniline ja teaduslik saavutus, mida inimkond oleks võimeline looma. See ei ole suurusehullustus, soovmõtlemine, idealiseeritud unelm või ülepaisutatud tähtsustamine, vaid selle valdkonna range ja ratsionaalne füüsikateadus näitab meile seda üsna selgelt ja objektiivselt. Võrreldes kõige muu tehnilise saavutusega inimkonna ajaloos on inimese kehavälised võimed, omadused ja võimalused niivõrd erakordsed, et kõik muu ainult kahvatub selle kõrval. Ülitsivilisatsiooniteoorias on püütud esitada selline analüüs, mis kirjeldab inimese kehast väljumise võimaluse mõju inimühiskonna elukorraldusele, maailma tehnoloogiale ja inimkonnale kui liigile tervikuna. Seetõttu võib inimese kehast väljumise füüsikateooriat ja ka tehnoloogiat käsitleda ülitsivilisatsiooniteooria osana, kuna näib, et kehast väljumine oleks mõistusliku elu kõrgeimaks vormiks meie teadaolevas Universumis. Kehast väljumisega kaasnevad võimalused mõjutaksid peaaegu kõiki inimese tegevusvaldkondi, mida ÜTT-s analüüsitaksegi. Selleks kasutatakse sotsiaal- ja ühiskonnateadustes kasutatavad mõisteid nagu näiteks tsivilisatsioon, ühiskond, majandus, kultuur, poliitika, religioon ja tehnoloogia. Peale selle uuritakse ka kunsti, kultuuri ja tsivilisatsioonide ajalugu ning püütakse defineerida, mis on üldse tsivilisatsioon ja kuidas need tekkisid.

Eluvormi eksisteerimine ilma füüsilise kehata (ehk ainult mateeria väljana) avaldab tohutut mõju ühiskonna struktuurile ja selle elutegevusele. Näiteks elu olemus ja selle füüsilised võimalused inimese kehavälises olekus langevad erakordselt hästi kokku ka bahai usundi ettekujutusega inimese surematust hingest. Sellisel juhul erineb ühiskonna elutegevus tunduvalt sellest, kuidas me praegusel ajal elame või oleme ette kujutanud elu tuleviku maailmas. Kogu tsivilisatsiooni hierarhia ja selle elukorraldus on erakordselt teistmoodi, kui seda ette kujutatakse ulmefilmides ja fantaasiakirjanduses. Ka sellised ühiskonna ja inimeste elukvaliteeti puudutavad

probleemid, mis kaasnevad praeguse maapealse majanduseluga, lakkaksid täielikult. Kogu meie elutalitlus oleks suures ulatuses teistsugusem ja hulga lihtsam, kui praegune Maal elavate inimeste elukorraldus.

Maal elavad inimesed tarbivad väga erinevaid tehnoloogilisi vahendeid - autod, arvutid, mobiilside, lennukid jne. Kuid sellised tehnilised abivahendid tegelikult ainult korvavad meie vaimseid ja füüsilisi puudusi, mis on tingitud bioloogilistest ja psühholoogilistest piirangutest. Näiteks inimene ei suuda füüsiliselt liikuda ruumis kiirusega 200 km/h. Just sellise "inimliku puuduse" korvab ära meie tehnoloogia suursaavutused – näiteks autod, lennukid, laevad jne. Kui aga inimene ei sõltu enam oma kehalistest piirangutest (s.t. eksisteerib ainult kehavälise olekuna), siis esineb inimesel vastava oleku uued füüsikalised omadused, mis bioloogilise keha korral oleks mõeldamatu. Näiteks sellisel juhul ei ole enam vaja autosid ega ka sidevahendeid, sest inimese füüsilised ja ka psüühilised võimalused on nüüd palju suuremad kui seda muidu bioloogiline keha üldse võimaldaks. Selline valgusolendiks kutsutav inimene ei sõltuks enam üldse tehnoloogilisest maailmast. See tähendab seda, et ollakse täielikult sõltumatu "materiaalsetest piirangutest". Just selles seisnebki kogu ülitsivilisatsiooniteooria põhimõte ja arusaamine. Ulmefilmides ja fantaasiaromaanides on kujutatud tuleviku maailmasid äärmiselt tehnologiseeritutena, mille korral vajaksid inimesed kõikjal näiteks mikrokiipe ja hõljuklaevasid. Kuid tõeline kõrgelt arenenud tsivilisatsioon selliseid tehnoloogiaid enam ei vaja.

2 Inimese eksisteerimine ilma bioloogilise kehata

2.1 Inimeste kogemused kliinilises surmas

Läbi ajaloo on paljud mõtlejad arutanud selle üle, et kuidas on seotud omavahel keha ja vaim. Paljud nendest mõtlejatest on seda mõistatust pidanud ka maailma võtmeküsimuseks, mida ei ole võimalik kunagi lahendada. Kuid seda on siiski püütud teha ja need pakutud lahendused jagunevad kahte suurde liiki.

Näiteks üks neist liikidest käsitleb keha ja vaimu kahesusest ehk dualismist. Prantsuse filosoof René Descartes arvas, et füüsiliste kehade maailm ja inimese teadvus erinevad üksteisest täielikult. Näiteks füüsilised kehad hõlmavad alati mingisuguse ulatuse ruumis – nad võtavad ruumi, neil on mõõtmed. Neil on kindlad asukohad ruumis ja neid on võimalik jaotada osadeks. Kuid tema arvates ei hõlma inimese mõte ruumilist ulatust ja see ei koosne osadest. Mõttel ei ole oma asukohta ruumis. Sellepärast erinevadki omavahel füüsiliste kehade maailm ja inimese teadvus. Füüsiline maailm koosneb füüsilistest kehadest. Seetõttu on Descartesi arvates olemas kaks maailma: vaimumaailm ja füüsiliste kehade maailm.

Kuid teine lahendus keha ja vaimu ühtsuse probleemile leiavad tänapäeva teadlased (psühholoogid) seda, et teadvus tekib väga diferentseerunud närvisüsteemis, mis tekib elusloodu se teatud arengutasemel. Sellist seisukohta nimetatakse „füüsikaliseks monismiks". Selle järgi ei eksisteeri mingit erilist vaimumaailma, vaid eksisteerivad tuntud ja seni veel avastamata füüsikalised, keemilised ja bioloogilised nähtused. Nüüdisaegse maailma teadlased peavad igasugust psüühilist avaldumisvormi ajus olevate närviprotsesside tulemuseks. Teadvus on aju seisund ja ei midagi enamat. Neid teadvuseseisundeid on olemas ka veel erinevaid liike. Teadvuse tekkimist närvisüsteemis ja selle olemust käsitlevad nii psühholoogia kui ka neuroloogia teadused. Füüsikaline monism eitab täielikult vaimumaailma eksisteerimist olles seega samasuguse vaatega, mis tänapäeva teaduslik maailmapilt. Väga paljud psühholoogid on veendunud keha ja vaimu

ühtsusest. Seda veendumust kinnitavad erinevad aju uuringud, mida teostatakse erinevate nüüdismeetoditega.
(Allik 2002, 19-20)

Analüütilises vaimufilosoofias liigitatakse keha ja vaimu probleem suuresti kaheks. Need on monistlikud ja dualistlikud teooriad. Monistlikud teooriad tunnistavad ainult ühte poolt keha ja vaimu vahekorras, kuid seejuures dualistlikud teooriad pooldavad mõlemat väljavaadet. Monismi puhul on ka veel see, et seda võib olla väga radikaalselt või vähem. Monistlikute teooriate alla kuuluvad järgmised suunad:

1. Subjektiivne idealism (kogu teadaolev maailm on vaimne, sest meil on olemas ainult tajud), Berkeley.
2. Kahe aspekti teooriad (keha ja vaim on ühe asja kaks erinevat vormi), Spinoza.
3. Kimbu-teooriad (keha ja vaim on erinevalt valmistatud kimpudest, kuid mis on tehtud samadest asjadest), Hume, Mach.
4. Ekstreemne materialism (biheiviorism ja füsikalism) (mõtteid ja tundeid on võimalik seletada teaduslikult ja seega ei ole neid tegelikult olemas), Watson, Carnap.
5. Identsusteooria (aju võimaldab vaimset sõnavara), Smart, Armstrong.
6. Funktsionalism (erinevad ajuseisundid võivad väljendada ainult ühte käitumist), Putnam.
7. Dennetti materialism (inimene otsustab, et ta näeb sinist, mitte ei avaldu sinise kvaliteet).

Dualistlikute teooriate alla kuuluvad aga järgmised suunad:

1. Interaktsionism (keha ja vaim on kaks erinevat asja, mis mõjutavad üksteist), Descartes.
2. Okasionalism (kooskõlalised vaimsed ja kehalised nähtused, mida Jumal kooskõlastab), Malebranche.
3. Parallelism (keha ja vaimu mittepõhjuslikune seos, mis on juba algusest peale nö. „sünkroniseeritud“), Leibniz.
4. Epifenomenalism (vaimsete protsesside põhjustajateks on kehalised protsessid), Huxley.
5. Subjektiivsuse valdkond (vaimseid omadusi ja aspekte ei ole võimalik taandada kirjeldusteks, mis on materiaalne), Nagel, Searle.

Nüüdisaegne psühholoogia teadus on veendunud, et teadvus ja psüühika ei eksisteeri ilma ajuta. Inimese psüühika materiaalseks aluseks on inimese ajus esinev närvitalitlus. Võib öelda, et psüühika on aju funktsioon. Psüühiline tegevus tuleneb füsioloogilisest talitlusest inimese ajus. Sellised arusaamad on kogu teadusmaailmas üldtunnustatud.

> Selget piiri, kust maalt lõpeb füsioloogiline pool ja algab psüühiline pool, ei ole tänapäeva teadus võimeline tõmbama. See on põhjustanud füüsilise ja psüühilise poole üksteise samastamist ning samuti ka nende kunstlikku lahutamist. Kindel on see, et psüühika ja teadvus eksisteerivad reaalselt. Seda võivad kinnitada kõik inimesed, kes näiteks hommikul üles ärkavad ja püüavad meenutada seda, mida nad unes parajasti kogesid. Kuid sellest hoolimata on psüühilised kujundid ideaalsed. Ideaalse reaalsus ei pea eksisteerima materiaalse substantsina ehk ainelis-esemelise koostisena, vaid oluline on mõista ideaalse reaalsuse funktsioneerimist. Psüühika reaalsus on selline, mis on ennetav ja aktiivne tegelikkusega kohanemisel. Seda näitab näiteks selline käitumine, mille korral reageeritakse tulevase olukorra või tingimuste kohaselt, mis hetkel keskkonnas objektiivselt ei esine. Niimoodi väljendub psüühika võime reaalsust seaduspäraselt kajastada ja ka muuta vastavalt sellele, mis infot on tegelikkusest ja mis ressursse on parajasti organismil endal. Loodusteaduslik psühholoogia ütleb meile, et ideed ei eksisteeri mateeriast lahus, mis sisuliselt tähendab seda, et meie ümbritsevat reaalsust vahendavad tegelikult neurofüsioloogilised protsessid. Sealjuures tunnetame enamasti füsioloogiliste protsesside lõpptulemusi, mitte neid protsesse endeid. Füsioloogiliste protsesside lõpptulemused avalduvad teadvuses psüühiliste kujunditena ehk psüühiliste protsesside, seisundite ja

omadustena. Nende tõepärasust saab kontrollida praktilise tegevuse ja ka objektiivse maailma muutuste kindlakstegemise kaudu. Esimese isiku perspektiivist lähtudes ehk vahetust enesevaatlusest järeldubki psüühika. Abstraktse või teoreetilise tegelikkuse eksisteerimisele närvitalitluse tõttu viitavad näiteks inimese erinevad reageeringud, teod ja teadlikult antud kirjeldused. Ka sellest järeldub psüühika. Näiteks vaimne kujund võimaldab inimesel kirjeldada troopilise saare loodust olukorras, mil inimene ise objektiivselt asub hoopiski polaaraladel.

Siinkohal tuleb märkida seda, et mõisted psüühika ja teadvus ei ole samatähenduslikud. Psüühika mõiste on teadvuse mõistest palju avaram, hõlmates teadvusliku psüühika oma ühe osana. Näiteks suur osa psüühikanähtustest toimivad ja toimuvad eelteadvuslikult või teadvusväliselt. Kõigest väike osa psüühilistest protsessidest ja informatsiooni sisudest, mis talletub psüühikas, tuleb esile teadvusliku elamuse või kogemusena. Kuid ka teadvuse mõiste ise ei ole ühetähenduslik, mis tähendab seda, et selle teaduslikul defineerimisel esineb palju erinevaid lähenemisviise ja rõhuasetusi. Teaduslik psühholoogia liigitab psüühilised nähtused kolme suurde rühma: psüühilised protsessid, psüühilised seisundid ja psüühilised omadused.

Allikas: T. Bachmanni ja R. Maruste õpik „Psühholoogia alused“.

Kuid meditsiinis on olemas sellised nähtused, mis lükkavad ümber arusaamad, et teadvus (psüühika) ei saa eksisteerida ilma ajuta. Selliseid nähtusi, mida nimetatakse surmalähedasteks kogemusteks, hakkamegi järgnevalt lähemalt uurima.

2.1.1 Inimese surm

Teooriad inimese keha ehitusest, funktsioneerimisest ja haigustest põhinesid kunagi tuhandeid aastaid enamasti müütidel ja maagial. Teaduslikke vaatlusi vanadel aegadel ei sooritatud. Esimesed täpsed anatoomiauuringud sooritati alles 16. sajandil. Kuid teaduslikumaid meetodeid on meditsiinis hakatud rakendama alates 17. sajandist. Meditsiin sai areneda ainult koos füüsika teaduse arenemisega, sest füüsika võimaldas luua selliseid tehnoloogiaid, mis on inimkeha uurimiseks täiesti hädavajalikud.

Näiteks mikroskoobi ja röntgentehnika leiutamine tõi kogu meditsiinis suure pöörde. 21. sajandi alguseks suutis meditsiin mõista väga paljusid inimkeha funktsioone ja suutis ravida enamikku haigusi.

Inimkeha osad on organiseeritud hierarhilisse süsteemi – alates kõige lihtsamatest molekulidest kuni keha kui tervikuni välja. Rakkudeks tehtavaid ehitusplokke moodustavad molekulid nagu näiteks süsivesikud, rasvad, nukleiinhapped ja valgud. Samuti osalevad need ka keemilistes reaktsioonides, mida nimetatakse ka metabolismiks. Inimkeha metabolism moodustab koostöös keha nö ehitusblokkidega tillukesed elavad üksused, mida nimetatakse rakkudeks. Iga rakk vajab pidevalt toitaineid ja hapnikku, et püsida elus ja anda kehale energiat. Kudesid moodustavad sarnase ehitusega ja funktsiooniga ühinenud üksikud rakud. Kudedel on kehas täita erinevaid rolle.

Mitut eri liiki koed moodustavad struktuure, mida nimetatakse organiteks. Iga organ täidab üht kindlat ülesannet või ülesandeid. Näiteks kopsud, magu, maks, neerud ja silmad on inimkeha organid. Näiteks mao ülesanne on seedimisprotsessi käigus säilitada ja lõhustada toitu. Magu ja teised seedimisega seotud organid moodustavad seedeelundkonna. Seedeelundkond seedib toitu, imendab toidust kasulikud toitained vereringesse ja viib välja jääkained. Inimesel on kokku

kaksteist elundkonda ja need töötavad kõik koos, et keha suudaks täita funktsioone, mida on vaja ellujäämiseks.

Inimorganismi suremise põhjused võivad olla väga erinevad, kuid surmatunnused on kõikidel puhkudel siiski ühesugused. Näiteks seiskub hingamine ja südametegevus, väheneb kudede elastsus, lihased lõtvuvad ja need ka ei reageeri ärritajatele. Näiteks inimesel ei esine reflekse. Neid aga nimetatakse primaarseteks surmatunnusteks ja pärast neid tekivad sekundaarsed surmatunnused. Näiteks tekivad koolnulaigud. Vere valgumine allapoole põhjustab laikude tekkimist. Näiteks kui koolnu asetseb parajasti selili, siis tekivad laigud just seljale. Hiljem see hemolüüsub ja imendub kudedesse. Need muutuvad hiljem sinakaspunaseks.

Lihaste koolnukangestus algab just vahelihasest ja südamest. Näiteks võib see esineda inimese mälumislihastes umbes kaks kuni neli tundi pärast surma. Pärast seda levib koolnukangestus allpool olevatesse lihastesse ja kaob samas järjekorras umbes kaks ööpäeva pärast indiviidi surma. On teada ka seda, et erinevad koed ei sure üheaegselt. Näiteks pärast südame töö peatumist võivad aga lihased elektrilisele ärritusele reageerida veel mitmeid tunde. Ripsepiteedi liikumine hingamisteedes võib jätkuda veel üle kümne tunni. Seemnerakud võivad liikuda aga rohkem kui näiteks ööpäeva.

Närvikude sureb kõige kiiremini. Vereringe seiskumise tagajärjel sureb aju väga kiiresti. Näiteks kui aju ei saa hapnikku 3 – 5 minuti jooksul, tekivad juba pöördumatud muutused ajus. Aju lõpliku surmaga lõpeb ka südametegevus, sest ajutüves asetsevad vereringe regulatsioonikeskused on surnud. Siiani teati seda, et ajusurmale järgneb väga kiiresti südamesurm või pärast südamesurma järgneb kiiresti ajusurm, kuid arusaamad selles asjas on tänapäeval juba muutunud. Näiteks vereringe säilitamine on võimalik inimese intensiivse elustamisega. Kuid ka sellisel juhul on suurem osa ajust surnud näiteks mõne kõrge ajurõhu tõttu. Sellise võimalikuse eelduseks on see, et ajutüves olevad vereringekeskused peavad töötama. Ainult nii on võimalik vereringe jätkumine.

Kuid inimese hingamist on võimalik säilitada hingamisaparaadiga ja veetasakaalu infusiooni-dega. Inimesed, kelle ajud on suures osas hävinud, jätkavad teatud vegetatiivset elu ilma, et suudaksid välismaailmaga vaimselt kontakteeruda. Nende elu sarnaneb nagu taime eluga. Kui inimese aju enam ei tööta, siis on inimene surnud, kuid süda lööb ikkagi. Teadvuse ja psüühika lakkamist ning ajutüverefleksi-de puudumist peetaksegi ajusurma põhilisteks tunnusteks. Ajutüve refleksid on näiteks hingamisliigutused, neelamine ja sarvkestarefleks. Korduvatel EEG-uuringutel saadakse sellisel juhul ainult pidev (s.t. sirge) joon.

USA teadlased (eesotsas Yale´i ülikooli teaduritega Nenad Sestan, David Andrijevic ja Zvonimir Vrselja) on suutnud sigade elundeid taaselustada tunde pärast nende surma. Näiteks sead, keda peeti surnuks, asusid end liigutama. Teadlased suutsid taastada paljude elundite rakkude funktsioonid ja ka verevoolu. 2019. aastal suutsid samad teadlased taastada BrainEx süsteemi abil sigade ajurakkude funktsioone mitmeid tunde pärast nende surma (s.t. pärast nende peade maharaiumist). 2022. aastal püüti seda tehnikat rakendada kogu kehale. Teadlased tekitasid anesteseeritud sigadel südameseiskumise. See peatas verevoolu, mis põhjustas keharakkudes hapnikuta ilmajäämist. Selle tagajärjel peaksid keharakud meie tavamõistes surema. Kuid pärast südameseiskumist pumpasid teadlased sigade kehadesse vedelikku. See sisaldas sigade enda verd, punastes vereliblede hapnikku kandvat valku ehk hemoglobiini sünteetilist vormi ja rakke kaitsvaid ning verehüübimist takistavaid ravimeid. Selle tagajärjel hakkas umbes kuue tunni jooksul veri organismis uuesti ringlema. See põhjustas näiteks südame, maksa ja neeru rakkude uuesti toimimise. Selline katse näitab, et rakkude hävimist saab peatada. Pärast surma ei tulnud sead enam teadvusele, kuna ajus elektrilist aktiivsust ei täheldatud. Kuid katse ajal tegid sead oma pea ja kaelaga silmnähtavaid liigutusi. Katsest järeldavad teadlased, et OrganExi nimelist tehnikat oleks võimalik kasutada tulevikus elundite päästmiseks ja isegi inimeste elustamiseks. Selles süsteemis kehadesse pumbatav sünteetiline lahus sisaldab 13 ühendit, mis on mõeldud põletiku mahasurumiseks, verehüüvete moodustumise peatamiseks, rakusurma ennetamiseks ja isheemia tekkimisel tekkivate elektrolüütide tasakaaluhäirete korrigeerimiseks. OrganEx tehnika võimaldas katses osalenud sigade rakkudel paraneda ja seda ajus, südames, kopsudes, maksas, neerudes ja kõhunäärmes. See põhjustas kuuetunnise katse jooksul teatud raku- ja metaboolsete funktsioonide säilitamise. Niisamuti ka spetsiifilised geenid, mis osalevad rakkude parandamises, olid elundites aktiveerunud. Sigade peal teostatud katse näitab, et meditsiinilise/kliinilise surma definitsioon tuleb

ümber hinnata. Arvatakse isegi, et surm võib olla koguni ravitav. Meditsiiniline surm ei pruugi olla pöördumatu. Kuid OrganExi tehnikat oleks võimalik kasutada näiteks inimeste insuldi või südameataki ajal tekkiva isheemia raviks. Sigade peal tehtud katse näitab, et rakud surevad tegelikult palju aeglasemini kui me seda seni arvanud oleme.

2.1.2 Surmalähedased kogemused

Inimesed, kes on surnuist ellu äratatud, kinnitavad seda, et surm on hoopis elu kõige meeldivam ja vapustavam kogemus. Surmalähedasi kogemusi on uurinud päris põhjalikult näiteks inglise paranormaalsete nähtuste uurija doktor Kenneth Ring. Näiteks juhtum John Migliazzoga 1968. aastal, milles ta väidab järgmist:

> „Suplesin New Jersey ranniku lähedal ja väsisin väga ära. Mäletan, et kaldani ujumiseks mul enam jaksu ei olnud. Äkki tundsin, et jätan oma keha maha. Tõusin ligi 150 meetri kõrgusele ja nägin omaenda keha vees rabelemas. Lõpuks olin ikkagi kaldale jõudnud – kuidas, ei tea. Mäletan üksnes pimedust. Ma ei oska seda sõnadega kirjeldada. Olin osa Universumist, osa kõiksusest. Teadsin ja mäletasin kõike... See muutis radikaalselt minu suhtumist surmasse.“

Doktor Ring on põhjalikult uurinud tuhandeid inimesi, kes on olnud kliinilises surmas ja kogenud surmalähedast kogemust. Kui inimesed on kogenud surmalähedast kogemust, siis pärast seda nad ei karda enam surma. Sellepärast, et surma ajal on nad tundnud rahu, kergustunnet ja mõistmist. Ring uuris näiteks ühte inimest, kellel seiskus süda ja seetõttu kuulutati too isik surnuks. Kuid too isik räägib, et väljus oma kehast ja nägi eemalt enda füüsilist keha. Ta kinnitab järgmist:

> „Ma ei tundnud hirmu ega olnud mul ka mingit valu. Mõne sekundi pärast sattusin pimedasse tunnelisse, mille lõpus nägin valgust. See muutus üha eredamaks. Mulle tundus, et lendan sellest läbi... Ühtäkki olin täiesti teistsuguses kohas. Kõikjalt voogas imeilusat kuldset valgust. Tundsin, kuidas mind valdavad täiuslik rahu, leppimine ja armastus. Tajusin ennast osana sellest kõigest.“

Üks naine, kes oli autoga kukkunud mõnda jõkke ja seejärel päästetud, kinnitab järgmist:

> „Teadsin, et olen surnud või suren kohe, kuid juhtus hoopis midagi kummalist. See kogemus oli nii võimas, et lakkasin elu külge klammerdumast ja ihkasin ainult seda lähemalt näha. Olin pikas valgustunnelis. See ei olnud tavaline valgus, vaid pigem teise seisundisse siirduv energia. Tunneli lõpus oli mingisugune helendus ja selle nimel loobusin oma elunatukese eest võitlemast. Olles jõudnud valgusallikani, avastasin, et näen sedagi, mis asub kaugemal. Mul ei jätku lihtsalt sõnu, kirjeldamaks seda, mida nägin ja kogesin. See oli lõputu maailm, tulvil rahu, armastust, energiat ja ilu.“

Niisamuti ka ufoloogid on täheldanud inimese eksisteerimist väljaspool bioloogilist keha. Näiteks on inimesed maavälise kosmoselaeva sisemuses olnud kehavälises seisundis. Vaatame selle näiteks järgmist kuulsat UFO juhtumit. 1977. aastal hakati uurima Suurbritannias esimest tulnukate inimröövijuhtumit, kuid sündmus ise oli tegelikult toimunud 1974. aasta oktoobris. Tegemist oli viieliikmelise perekonnaga, milles oli ema ja isa ning kolm last. Pärast sugulaste pool veedetud õhtut Essexi krahvkonnas Aveleys sõitsid nad tagasiteel teele laskunud ebatavalisse rohekasse

udusse. See toimus üsna nende kodu lähedal. Mõlemad täiskasvanud tunnistasid hiljem, et kuidas nad UFO-pardale jõudsid, mis varjus rohekasse udumassi. Nad kirjeldasid seda, kuidas nende auto valguskiire jõul UFO sisse tõmmati. Seal olles olid röövitud inimesed „väljaspool enda keha“ ja see võimaldas neil „hõljuda“ UFO sees ringi. Nad samas nägid ka enda tõelisi (s.t. endisi) kehasid, „mis“ istuvad endiselt veel autos. Sellesse uurimusse olid kaasatud ka tuntud UFO-eksperdid Andy Collinsi ja Barry King.

Paljud teadlased ja arstid ei usu ülalpool väljatoodud lugude tõepärasusesse (surmalähedasi kogemusi ja UFO-juhtumeid). Nad arvavad, et need ajusurmas esinevad nähtused on tingitud just inimese enda aju keemilise tasakaalu häirumisest. Kuid selle tõestamiseks ei ole teadlastel tegelikult piisavalt materjali. Surmalähedasi kogemusi ei ole võimalik teadlastel laboratooriumi tingimustes esile kutsuda ja sellepärast paljud teadlased ning ka arstid ei usu surmalähedaste kogemuste tõepärasusesse.

Teaduses on levinud arusaam, et inimese teadvus on aju elektromehaaniliste protsesside tagajärg. Inimese surma korral lõppeb sellise teooria kohaselt inimese teadvus ja seega ka kogu elu. Kuid seda teooriat peab veel tõestama. Näiteks Wilder Penfieldi neurokirurgilised uurimused viitavad inimese teadvuse sõltumatusele bioloogilisest ajust. Ta jõudis järeldusele, et inimese teadvus on võimeline eralduma oma bioloogilisest ajust. Tänapäevane teadus ei suuda enamasti olla ilma eelarvamusteta ja sellest tulenevalt ei saa teadus ratsionaalselt hinnata surmalähedaste kogemuste ehk SLK-de reaalsust. Teadus ei tunnista elu jätkumist pärast inimese surma. Surmalähedased kogemused „tunduvad olevat“ metafüüsilised nähtused, mis ei kuulu ratsionaalsesse teadusesse.

2.1.3 Raymond Moody ja Kenneth Ring

Meditsiini kiire areng on võimaldanud üha enam inimesi päästa surma käest. Sellistel juhtudel on üha enam inimesi jutustanud oma kehavälistest kogemustest, mille korral on nad tundnud era-kordset rõõmu ja rahulolu, kohtumisi varem surnud inimestega ja sugulastega, olnud telepaatilises ühenduses valgusolenditega ning näinud panoraamseid tagasivaateid oma maisele elule. Sellised teated on hakanud paljusid meedikuid ja psühholooge huvitama, sest need nähtused üha enam sagenevad ja need kõik on omavahel ka väga sarnased. Teadlased on hakanud neid nähtusi nüüd ka teaduslikult uurima ja neid nähtusi nimetatakse surmalähedasteks kogemusteks ehk lühidalt lihtsalt SLK-deks.

Doktor Raymond Moody on filosoof ja psühhiaater, kes on ilmselt ka kõige kuulsam SLK-de uurija. Tema kaks esimest raamatut on ilmselt üks parimaid SLK-de kohta tehtud uurimusi. Üks raamat kannab pealkirja „*Life After Life“* (Elu pärast elu) ja teine „*Reflections on Life After Life“* (Mõtisklusi elust pärast elu). Moody küsitles oma uurimustöö ajal väga paljusid inimesi, kes olid SLK-dega kuidagi seotud. Moody liigitas neid inimesi kahte suurde rühma – inimesed, keda oli võimalik äratada pärast kliinilist surma tagasi ellu, ja inimesed, kes olid surmale väga lähedal, sest neil esinesid väga rasked traumad või haigused.

Raamatus „*Elu pärast elu*“ arvab Moody üldiselt, et kogemused, mis SLK ajal esinevad, on kõikide juhtude korral õndsalikud. Väga sageli ei saa inimesed neid elamusi kirjeldada sõnadega, sest need kogemused on niivõrd meeldivad, rõõmsad ja erakordsed. Surmasuus olles ei soovidutki enam oma maisesse ellu tagasi pöörduda. Sellepärast, et see kogemus või elamus oli niivõrd vapustav ja silmiavav.

Kuid raamatus „*Mõtisklusi elust pärast elu*“ esitab Moody peale positiivsete SLK-de ka negatiiv-seid SLK-sid. Näiteks on inimesi, kes on näinud surmasuus olles hoopis põrgu sarnaseid elamusi, mitte valgusolendeid või surnud tuttavaid ja inimesi. Need on aga äärmiselt ebameeldivad kogemused, mis täielikult vastanduvad õndsale kogemusele. Neid kogemusi tundnud inimesed said

aru, et nad olid oma maises elus midagi valesti korda saatnud. Näiteks selliste inimeste hulgas oli inimesi, kes püüdsid ennast tappa.

Positiivsete SLK-de korral tunneb inimene ääretult suurt rõõmu, rahu ja õnne. Nähakse valgusolendit, kes on ülimalt aukartustäratava ja meeldiva olekuga. Temast kiirgab ülimat armastust ja rahulolu ja näitab tulijale suurejoonelist panoraamset tagasivaadet tema maisele elule. Valgusolendeid on seal veelgi, kes kõik kiirgavad ülimat armastust ja kellel on piiritud teadmised kõige kohta. Nende suhtlus toimub ainult läbi telepaatia. Positiivsed SLK-d on üsna sageli väga hästi meeldejäävad ja elamused on väga erksad, mitte ähmased või „unised“ kogemused. Näiteks kultuurantropoloog Patrick Gallagher oli 1976. aastal pärast suurt autoõnnetust nädalaid koomas. Koomas olles oli tal palju kordi rabavaid ja erksaid SLK-sid, mida ta kirjeldas järgmiselt:

> „Ma olin vaba mitte üksnes raskusjõust, vaid ka kõikidest muudestki inimlikest piirangutest. Ma sain lennata, sain seda teha nii oskuslikult, et tundsin ennast ümber muudetuna... Selle järel tuli eespool mingi tume ala, seal ei olnud üldse valgust, see oleks olnud nagu mingi tunneli sissekäik... Viimaks nägin eemal valgussõõri... täiuslikult kaunist, kollakas-oranži... Kui ma tunnelist läbi sain, jõudsin pimestavalt kaunisse kohta... See oli täiuslik paik, see tähendab... üleni ja külluslikult valgustatud... Ma nägin (seal) palju inimesi, mõned neist olid riides, mõned ilma riieteta. Riietus, mis tundus olevat läbipaistev, oli kaunis, kuid see... ei varjanud midagi... Inimesed ise olid ka hästi kenad... Nagu ma sel hetkel seal olles aru sain, oli kõikidel nagu mingi teadmine, niisama särav, kirgastunud ja ideaalne nagu see helendav valguski. Ja mina omandasin selle ka... Ma tundsin, et pole vaja teha midagi muud kui läheneda inimesele, kellest oled huvitatud, ja sedamaid – mõistad tema olemust. See on nii lihtne, on vaja ainult üht pilku... selle inimese silmadesse, ilma mingi jututa... tulemuseks täiuslik mõistmine. Sõnadega niisugust üleüldist mõistmist väljendada ei saa. Mõtlemata ja sõnadeta sain mina nendest sama hästi aru, kui nemad minust, nüüd tunnetasin päriselt, miks luuletajad peavad silmi hinge väravaks... Samuti mõistsin, et see kiirgav valgus ei kustu iialgi, keegi ei tundnud vajadust magada... Sain ka aru, et kõik sealolijad olid väga osavõtlikud kõikide ja kõige suhtes... Me olime vabad kõikidest nendest vastuoludest, mis ajaloolaste arvates on sõdade ja muude konfliktide põhjuseks, kaasa arvatud maa, toit ja peavari. Ainus endastmõistetav asi oli armastus. Need ideaalsed tingimused lõid harukordse seisundi, kus polnud viha ega mingit muud häirivat tunnet – ainult üleüldine armastusseisund... Ma tundsin, et mul oli täiesti võimalik pöörduda tagasi oma maapealsesse elusse, igatsesin... oma laste järele, oma naise järele ja paljude teiste järele. Tegin otsuse tagasi pöörduda, kuigi teadsin, et piletihind võib olla ülisuur: arvestades mu keha bioloogilisi, füsiolooglisi ja materiaalseid vajadusi ning puudujääke, samuti seda, et sellest säravast elamusest jääb vaid mälestus. Ma ei tea üldse, kuidas ma tagasi sain, aga niipea kui ma olin otsustanud tagasi tulla, kaotasin KÕIK, mis ma oleksin tahtnud olla või teada, ma olin tagasi.“

Selliseid positiivseid ja negatiivseid SLK-sid on kogenud maailmas miljonid inimesed hoolimata nende haridustasemest. Näiteks juba ainuüksi Põhja-Ameerikas on SLK-sid esinenud viiel protsendil elanikkonnast. SLK-d ei sõltu inimeste religioossest taustast, sest neid näevad nii ateistid kui ka sügavalt usklikud inimesed. Näiteks ka ateistid näevad positiivsete SLK-de korral tunnelit, valgusolendeid, sugulasi jne, mitte ainult usklikud.

Kuid SLK-de kogemuste tõlgendamisel tundub inimese kultuuriline või religioossne taust siiski olevat määrav. Näiteks võivad kristlased näha valgusolendis kui Jeesust Kristust, kuid samas võivad moslemid seda tõlgendada kui Allahina. Peaaegu kõikide juhtumite korral mõjutab SLK inimese edasist elu lausa määravalt. SLK kogemused muudavad ülisuurel määral inimese väärtushinnanguid. Peale Raymond Moody on kuulus SLK-de uurija ka veel Kenneth Ring. Ta uuris 26 inimest, kes olid kogenud surmalähedasi kogemusi. Nende inimeste väärtushinnangud muutusid hiljem oluliselt. Oma raamatus „*Heading toward Omega“* (Kurss Omegale) avaldas ta oma uurimuse

tulemused:

> „Pärast SLK-sid kalduvad inimesed andma elule suuremat väärtust ning osutama rohkem tähelepanu ja armastust oma ligimestele, samal ajal väheneb nende huvi isikliku positsiooni ja aineliste väärtuste vastu. Samuti nendib enamik inimesi, kes on kogenud SLK-sid, et pärast seda elavad nad kõrgemate vaimsete eesmärkidega ja mõnel juhul otsivad elu põhiolemuse sügavamat mõistmist. Ja oluline on, et need teated eneseanalüüsist leiavad enamasti kinnitust ka nende poolt, kes on SLK-sid kogenud inimeste käitumist kõrvalt jälginud.“

2.1.4 Surmalähedaste kogemuste iseloomujooned

Raymond Moody, kes oli üks maailma parimaid uurijaid surmalähedaste kogemuste valdkonnas, kirjeldab oma suurepärases raamatus „*The Light Beyond“* (eesti keeles „*Teispoolne valgus*“) SLK-de iseloomulikke aspekte, mis esinevad peaaegu kõikide seniteada olevate SLK-de juhtumite korral. Need on kirja pandud ka raamatus „*Elu pärast surma*“, mille autoriks on suurepärane religiooni asjatundja Farnaz Ma´sumian. Neid kirja pandud surmalähedaste kogemuste iseloomulikke aspekte võib kokkuvõtlikult esitada järgmiselt:

> Pärast südame seiskumist on paljud inimesed kogenud surmalähedasi kogemusi ehk SLK-sid. Alguses on nad segaduses ja hirmul. Nad ei mõista, et mis nendega on juhtunud. Nad avastavad ennast oma füüsilise keha kohal hõljumas ja hämmastavad selle üle, et kuidas nad nüüd oma keha eemalt näha saavad. Toimuva arusaamiseks võtab neil kaua aega. Sageli püüavad nad leida kontakti teda elustavate meedikutega või ükskõik millise lähedal oleva inimesega. Kuid see enamasti siiski ebaõnnestub. Ükskord õnnestus Moodyl ise elustada ühte naist surmasuust. Hiljem naine jutustas Moodyle, et kuidas ta püüdis teda enda elustamist takistada, sest talle meeldis tekkinud olukord. Kui naine soovis haarata Moody kätt, siis läks tema käsi tolle mehe käest lihtsalt läbi.
>
> Kui teistega kontakti saada kuidagi ei õnnestu, siis hakkab inimene arusaama oma enda isiksusest palju selgemini, kui ta seda suutis oma maises elus. Ta hakkab tunnetama oma enda olemust ja isikupära. Inimene hakkab mõistma oma tegelikku „mina“, mis seni peitus tema enda sees. Näiteks perekonnasidemed muutuvad nüüd kuidagi vähem oluliseks, sest esiplaanile kerkib just inimese enda olemus ja isiksus. Seda on kirjeldatud ka kui „sidemete läbilõikamist“ või „õhku tõusva õhupallina“, kui nöör puruneb. SLK nähtuste korral tunnetavad inimesed enda maise elu piirangutest vabanemist ja tunnevad enda tegelikku olemust. Esialgsed kartused kaovad ja selle asemel ilmneb nüüd absoluutne rõõmujoovastus.
>
> Kuid enne „sidemete“ katkemist tunneb haige või vigastatud inimene endal kohutavaid ja meeletuid valusid. Pärast seda aga inimese tunded muutuvad täielikult vastupidiseks – tekib meeletu rõõmujoovastus ja kirjeldamatu rahulolutunne.
>
> Pärast ägedate valude asendumist üldise rõõmu- ja rahutundega, tunneb inimene äkki enda tõusmist taeva poole. Ta näeb eemalt (enamasti enda alla vaadates) oma füüsilist keha. Inimene tajub enda olemist nüüd juba teistsuguses kehas, mida nimetatakse „vaimkehaks“. Ta tunnetab oma füüsilisest (ehk nö. maisest) kehast eraldatuna. Enamasti ei kirjeldata oma uut keha, mida nähakse ja tajutakse surmalähedastes kogemustes. Mõned inimesed on seda

kirjeldanud kui „energiaväljana“ või „värvilise pilvena“. Kuid üks kord õnnestus Moodyl saada ühe inimese käest oma „vaimkeha“ kirjeldusi: ta olevat näinud oma kätt koosnevat väga väikestest „valgusübemetest“.

Pärast oma füüsilisest kehast eraldumist hakkab inimene mõistma, et ta on ilmselt suremas. Ta näeb üsna varsti ühte suurt pimedat tunnelit. Ta tunneb enda tõmbumist selle tunneli sisse. Kuid mõne aja pärast paistab tunneli lõpust väga ere valgus.

Tunneli lõpus tulevad inimesele vastu valgusolendid, kes kiirgavad valgust ülimalt hiilgavalt ja kelle isiksused on ülimalt aukartustäratavad, kuid sellegipoolest väga meeldivad. Nad loovad saabujale ülima rõõmu- ja rahutunde. Paljud surmalähedaste kogemustega inimesed on kirjeldanud nende valgusolendite armastuse tunnet kui „*puhtaimat armastust*“, mis Universumis üldse eksisteerida saab. Kõik see näib kiirgavat pimestavast valgusest. Kuid see valgus ei kahjusta nägemist hoolimata väga suurest intensiivsusest. Valgus on soe ja mõningal juhul isegi „*värelev*“. Sageli on saabuvad valgusolendid inimese varem surnud sõbrad, sugulased või tuttavad. Nad suhtlevad ainult telepaatiliselt, mis tähendab mõtete kaudu info edastamist. Mistahes mõistmine on silmapilkne ning täielik. Paljude valgusolendite poolt kiiratud valgused on väga eredad, mõned aga lausa sätendavad. See sarnaneks sellega, kui vaataks selge vee alt otse Päikesesse. Sätendav valgus on äärmiselt ere. Valgus sätendab nagu Päikese valgus lainetava mere vee pinnal.

Mõne aja möödudes tajub inimene ühe väga erilise valgusolendi lähedalolu. Vastavalt inimese religioossest või ateistlikust kultuuri taustast, võib ta näha selles pühas valgusolendis Jumalat, Kristust, Buddhat, Allahit või mõnda teist püha isikut. Sellist ülimat valgusolendit näevad usklikud, ateistid ja ka agnostikud. Temast kiirgab ülimat armastust ja ülimat mõistmist. Selle valgusolendi valgus on erakordselt ere. See on ülimalt silmipimestav. Valguse intensiivsus sarnaneks sellega, kui vaadata palja silmaga suvisel keskpäeval selge ilmaga otse Päikesesse ja seda maa pealt vaadatuna. Vahe on ainult selles, et selline valgus ei kahjusta kuidagi nägemist. Tegemist oleks nagu kogu Universumit täitva tähe valgusega. Päikesesse ei saa otse vaadata palja silmaga, kuna võib jääda pimedaks. Kuid valgusolendit saab vaadata nii, et ei kahjustaks üldse nägemist. Olend kiirgab meeletult palju valgust. Armastus ja õnn, mis sealt kiirgab, on sõnades kirjeldamatu. Seda mittekogevale tavainimese mõistusele on see kujuteldamatu. Erinevad inimesed on oma sõnades seda osanud kirjeldada järgmiselt:

> „Kui ma valguse kätte jõudsin, süstiti mind otsekui väga armastava vatitupsu sisse.“
>
> „Valgust oli nii palju, et ma ujusin selles.“
>
> „Astudes valgusesse ma teadsin, et Jumal on olemas.“
>
> „Teadsin, et mind pole kunagi nii väga armastatud.“
>
> „See oli kerge ja uskumatult armastav tunne.“
>
> „Ja ma mõistsin, et valgus on Jumala armastus.“

Järgnevalt esitatud fotode seeria illustreerib aukartustäratava valgusolendi ülimat sära ja hiilgust, mida nähakse inimese surmalähedaste kogemuste ajal:

Fotol 1 on kujutatud välja, mida piirab kaugemalt nähtav tihe mets. Fotol 2 on kujutatud valgusolendit sama välja peal ehk täpselt samasuguses asukohas. Teine foto on tehtud tegelikult nii, et fotoaparaadi objektiiv on suunatud otse Päikesesse. Sellest tulenebki foto peal nähtav valguse effekt. Tegemist ei ole arvutiga animeeritud kujutisega.

Valgusolendeid on kujutatud ka popkultuuris. Näiteks filmis nimega „Sõrmuste isand“ etendab tegelane nimega Galadriel, kes on Haldjamaa Kuninganna ja Metsade Emand. Filmis on Galadriel pikk naine, peaaegu kaks meetrit, äärmiselt erudeeritud ja arukas, võimas sõdalane. Ta on vaoshoitud ja elegantne, graatsiline ja jõuline. Tal on maagilised võimed ning tema kohalolek nõuab austust. Need on kõik omadused, mida tunnevad ka inimesed, kes on oma surmalähedastes kogemustes tajunud valgusolendite lähedalolu. Sarnaselt nii nagu haldjad filmides, kes on suuremad kui elu. Nad valitsevad iga ruumi, kuhu sisenevad. Nad on meist üle, nende aura on kaugele tunda. Nad on ilusad ja veatud, ülim rahvas. Joonis:

Allikas: https://www.technologyandscience.eu/near-death-experiences/

Selle ülimalt hiilgava ja aukartustäratava valgusolendi juuresolekul avaneb inimesel võimalus näha oma seni elatut maiset elu, mis ilmub tema ette erakordse kolmemõõtmelise panoraamina. Seal näeb ta kõrvalt kõiki oma elusündmusi. Selle juures kogetav ajamõõde on hoopis teistsugune, kui me seda tajume maa peal olles. Aeg on omandanud hoopis eripärase

eksisteerimise vormi. Inimese kogu elatud elu on võimalik nüüd detailselt näha. Inimene tunnetab oma tegude mõju teistele inimestele, mis ta maises elus korda on saatnud. Inimene tajub teiste inimeste teadvuses esinevat rõõmu ja rahulolu või valu ja piina, vastavalt sellele, mida ta on teistele inimestele elu jooksul põhjustanud. Tagasivaate ajal viibib valgusolend inimese kõrval. Valgusolend aitab inimesel oma vigadest õppida. Inimene mõistab nüüd, et ainult armastus ja mõistmine on need, mis tal on vaja edasiseks eluks. Kõik SLK-des viibinud inimesed muutusid edaspidi palju leebemateks ja erapooletumateks. Nad püüdlesid lakkamatult teadmiste järele.

Enamus SLK-sid kogenud inimesed läbivad mingisuguse tunneli, mille lõpust paistab ere valgus. Kuid on ka selliseid inimesi, kes kirjeldavad lihtsalt enda „hõljumist“ oma füüsilise keha kohal või isegi kõrgel taevalaotuses. Sellisel juhul nad tõusevad kiiresti taeva poole. Näiteks selline kogemus oli olnud tuntud psühhoanalüütikul Carl Jungil aastal 1944, kui tal tekkis südame seiskumine. Osad inimesed tõusevad maa kohale või tõusevad väga järsku ülespoole ja näevad enda ümber tähistaevast.

Surmalähedaste kogemuste positiivne mõju inimesele on niivõrd suur, et nad ei soovigi enam oma maisesse ellu tagasi pöörduda. Mõned inimesed saavad isegi vihaseks, kui arstid neid elustada püüavad. Kuid on ka selliseid juhtumeid, mille korral annab valgusolend neile valikuvõimaluse. Vahel inimesed soovivad oma maisesse ellu tagasi pöörduda ja seda sellepärast, et kasvatada üles oma mahajäänud lapsed või esinevad mingid muud olulised põhjused.

> Näiteks Moodyl on olemas üks juhtum, mille korral esines ühel Los Angelese naisel lausa kaks surmalähedast kogemust, kuid seda kolmekümneaastase vahega. Naine sattus autoõnnetusse, mille tagajärjel ta sattus koomaseisundisse. See juhtus umbes viiekümnendate aastate lõpul. Valgusolend andis mõista, et tal tuleb nüüd minna taevasse, kuid naine keeldus sellest „imelisest võimalusest“. Naine arvas ennast olevat liiga noor, et surra. Ta ütles valgusolendile: „Ma olen noor, ma ei ole veel piisavalt palju tantsida saanud“. Olend hakkas seepeale „südamest naerma“, kuid lubas naisel edasi elada. Aeg möödus ja kolmkümmend aastat hiljem esines naisel mingisuguse väikse operatsiooni ajal südame seiskumine. Ka seekord koges ta surmalähedast kogemust. Ta läbis tunneli ja kohtus jälle too valgusolendiga, kes aga jälle ütles talle, et on aeg minna taevasse. Ka seekord naine keeldus taevasse minemast, sest tal oli vaja lapsed üles kasvatada. „Hea küll,“ ütles valgusolend, „kuid see on viimane kord. Järgmine kord pead sa siia jääma.“

Tuleb tunnistada, et surmalähedased kogemused sarnanevad väga inimese sündimisega siia maailma. Sünnikogemus on olemas kõikidel inimestel, kuid seda pole võimalik mäletada. Läbi sünnitusteede kaudu jõuab inimene üsna vaevaliselt värvilisse ja valgusest tulvil maailma. Inimese sündimist aitavad kaasa ja läbi viia rõõmsad ja abivalmid meedikud, kes siis pärast ilmaletulekut lapse vastu võtavad. Meedikud on riietatud enamasti valgesse nii nagu ka kliinilises surmas nähakse valgusena eksisteerivaid olendeid. Selles mõttes on SLK-d nagu mälestused inimese sündimisest, mis visualiseerub inimese surma hetkel.

Need inimesed, kes on ise kogenud surmalähedasi kogemusi või neid põhjalikult uurinud nagu näiteks Raymond Moody, on täiesti kindlad nende nähtuste reaalses eksisteerimises, mida ei ole tekitanud inimese aju enda neurokeemilised protsessid. Kuid tunnustatud teadlased ja meedikud ei ole nendega siiski ühel meelel ja nad esitavad sellele omapoolseid neuroteaduslikke teooriaid. Autoriteetsete ja ülikriitiliste teadlaste arvates on kõik SLK juhtumid inimese enda aju keemilise tasakaalu puudumise tagajärgedeks. Seda võivad tekitada ka ajust vabanevad endorfiinid. Nende meelest sarnanevad SLK juhtumid vaimuhaiguste ilmingutega. Arvamusi või teooriaid on SLK-de kohta aga üsna palju. Mõned

teadlased arvavad, et surmalähedasi kogemusi põhjustavad narkootilised ained või uinutid. Neid on peetud ka isegi ajutisteks haigushoodeks või isegi inimeste endapoolseteks sihilisteks väljamõeldisteks.

Järgnevalt on väljatoodud SLK-de kirjeldused, mida erinevad inimesed on kogenud. Taolisi kirjeldusi on saanud ka R. Moody, mis on kirjas ka tema poolt ilmunud raamatutes:

> „Ma mäletan, et mind sõidutati operatsioonisaali ja järgmised neli tundi oli väga kriitiline aeg. Selle aja jooksul hakkasin ma oma füüsilisest kehast välja ja sinna tagasi käima, ning mul oli võimalik oma keha näha otse selle kohal viibides. Aga sel ajal, kui ma seda tegin, olin ikka veel mingis kehas, see ei olnud füüsiline keha, vaid midagi niisugust, mida kõige täpsemalt nimetaksin mingiks energiavormiks. Kuna mul on vaja seda sõnastada, siis ma ütleksin, et see oli läbipaistev, vaimne, vastupidine kehalisele olemisele. Aga sellel olid olemas ka eri osad.“
>
> „Ma olin oma kehast väljas, vaadates seda umbes kümne jardi kauguselt, kuid mõtlesin endistviisi, nagu füüsilises elus. Ja see, kus mu mõte asus, oli umbes mu tavalise keha kõrgusel. See ei olnud keha kui niisugune. Ma tundsin midagi, mis oli nagu kapsel või midagi taolist, nagu mingi läbipaistev vorm. Mul ei olnud tegelikult seda näha, see paistis nagu läbi, aga ei paistnud ka. See oli, nagu oleksin ma olnud seal nagu mingi energia, võibolla nagu väike energiapall. Ja mul ei olnud mingit kehalist aistingut – soojatunnet või muud niisugust.“
>
> „Ta oli seal, aga tal puudus füüsiline keha. See oleks olnud nagu mingi läbipaistev keha ja ma tundsin kõiki tema osi – käsi, jalgu ja kõike muud, aga ma ei näinud neid füüsiliselt.“

Paljud inimesed on oma surmalähedaste kogemuste ajal kohanud äärmiselt meeldiva, väga eheda ja ülimalt aukartustäratava Valgusolendiga. Sageli ei suuda inimesed sõnades kirjeldada nende erakordset kohtumist selle ülima Valgusolendiga:

> „See valgusolend paistis esialgu pisut ähmaselt, aga siis ilmus see suur sära. Seda valgust oli tohutult palju, see ei olnud nagu mingi hele sähvatus, see oli lihtsalt suur valgus. Ja sellest hoovas mulle sooja, tundsin soojaaistingut. See oli hele, kollakasvalge, rohkem valgepoolne. See oli kohutavalt ere, ma ei suuda seda kirjeldada. See paistis hõlmavat kõike, kuid ei takistanud mind nägemast muud, mis oli mu ümber... Ma tundsin ennast eriti hästi, kaitstuna ja armastatuna. Armastus, mis sellest lähtus, oli kujutlematu, kirjeldamatu.“

Sellise aukartustäratava valgusolendi juuresolekul esitub inimese kolmemõõtmeline panoraamne tagasivaade elatud maisele elule. See ilmneb nii negatiivsete kui ka positiivsete surmalähedaste kogemuste korral. Positiivse SLK korral tunneb inimene tagasivaate ajal oma elatud elust suurt rõõmu:

> „Kui ilmus valgus, oli esimene asi, mis ta mulle ütles: „Mida on sul mulle näidata, mida oled sa oma elu jooksul teinud“? Või midagi selletaolist. Ja kui siis need minevikupildid algasid... Nojah, ega ma seda valgust tegelikult sel ajal ei näinud, kui tagasivaade kestis. Niipea, kui ta oli mult küsinud, mida ma olen teinud, ja kui see tagasivaade algas, siis ta kadus, kuigi ma tundsin kogu aeg tema juuresolekut, et tema juhtiski mind läbi nende minevikusündmuste, ma tundsin tema lähedalviibimist ja aegajalt tegi ta kommentaare. Ta püüdis mulle nende minevikupiltidega midagi tõestada. Mitte et ta oleks tahtnud näha, mida ma olen teinud – seda ta juba teadis.“

Surmalähedaste kogemuste ajal kohtutakse ka varem „surnud“ sugulastega, sõpradega, tuttavatega või teiste nö. „hingedega“:

> „Need olid kõik inimesed, keda olin oma möödunud elus tundnud, aga nad olid lahkunud enne mind. Tundsin ära oma vanaema ja ühe tüdruku, kellega olin kohtunud koolipõlves, ja palju teisi sugulasi ja sõpru... Nad kõik paistsid olevat rahul. See oli väga meeldiv, ma tundsin, et nad olid tulnud minu eest hoolt kandma või mind kaitsma. See oli peaaegu sama nagu oleksin jõudnud koju ja nemad olid mind seal vastu võtmas ja tervitamas.“

> „Mõni nädal enne seda, kui ma oleksin peaaegu surnud, tapeti mu sõber Bob. Sel hetkel, kui ma väljusin oma kehast, oli mul tunne, et Bob seisab sealsamas minu kõrval. Ma nägin teda oma vaimusilmas ja tundsin, nagu ta oleks seal, kuid see oli kummaline tunne. Ma ei näinud teda kehalises olekus.“

2.1.5 Surmalähedaste kogemuste ajaloolised uuringud

Kehast väljumist nimetatakse rahvapäraselt „astraalrännakuks“ või „astraalprojektsiooniks“. „Bilokatsiooniks“ nimetatakse seda siis, kui „fluidumkuju“ tiheneb elavale inimesele nähtavaks. Kehast väljumine võib toimuda spontaanselt või tekitatakse see inimese enda soovil. „Astraalkeha“ tavaliselt jääb enda füüsilise keha lähedusse. Mõningatel juhtudel läbib see „vaimkeha“ pikki vahemaid ruumis ja „materialiseerub“ alles sihtkohta jõudmisel. Näiteks mõned tunnistajad on väidetavalt näinud ühte ja sama isikut just mõlemas paigas korraga. Oma füüsilisest kehast väljas olles ja läbimas suuri vahemaid ruumis, magab füüsiline keha sügavalt või on see katalepsia-seisundis. Väga sageli on inimesel, kes on naasnud oma füüsilisse kehasse tagasi, teadmisi, mida ei ole muul moel võimalik teada saada, kui ise kuskil kaugel koha peal olles ehk seega oma füüsilisest kehast reaalselt väljas olles. Näiteks andmeid, mis sisaldavad kaugete paikade kirjeldusi ja sündmusi, võivad seal elavad inimesed seda ka tõestada.

Viimaste sajandite jooksul on kogutud paljude uurijate poolt üsnagi suurt andmestikku, mis väidetavalt tõestavad inimese kehast väljumise kogemusi. Juba pikka aega suhtusid niinimetatud „teadusliku (para)psühholoogia“ valdkonna spetsialistid hinge- ehk astraalkeha käsitlusse üsnagi skeptiliselt. Tänapäeval on arusaamad siiski muutunud. See tähendab seda, et vähemalt paranormaalsete nähtuste uurijad on sellise hüpoteesi aktsepteerinud ja mõistavad seda uurida ka kui uurimusobjektina. Näiteks Ameerikas Duke´i Ülikoolis asutas 1953. aastal professor Hornell Hart kehast väljumise kogemusi uuriva keskuse. Duke’i Ülikooli professor Hart väidab, et surmalähedaste kogemustega (või kehast väljumise kogemustega) kaasnevad „astraalkujud“ sarnanevad väga palju just surnute inimestega, mis viirastustena või kummitustena elavatele ennast ilmutavad. Ameerikas on kehast väljumise uuringuid korraldanud peale Harti ja Osise ka Charles T. Tart, kuid Inglismaal on neid nähtusi uurinud Oxfordi uurijad Crokal ja Celia Green.

Suurel hulgal „subjektiivseid“ inimese kehast eraldumise kogemusi ja ka bilokatsiooniilmingute andmeid, mis on väidetavalt kõrvaltvaatajate poolt kinnitatud, on aegade jooksul kogunud uurijad nagu näiteks inglased Myers ja Gurney, sakslane du Prel, itaallane Bozzano, prantslased Durville ja Lancelin. Inimestega, kellel väidetavalt esinevad bilokatsioonivõimed, on mõlemal juhul sooritatud väga häid laborieksperimente. Näiteks kui inimesest eraldub „tihenenud astraalkeha“, on ta ikkagi võimeline näiteks lauale koputama ja liigutama tooli, lauda või ust. Nii olevat selgunud näiteks Durville´i eksperimentidest. Väidetavalt on kindlaks tehtud seegi, et „hingekuju“ kaalub 30 grammi, kui see peaks kaalul seisma. Durville avaldas 1909. aastal raamatu „Le fantóme des vivants“, kus ta

oma niinimetatud katseid siis kirjeldab. Inimese „astraalkujult“ on väidetavalt õnnestunud võtta isegi sõrmejälgi. See õnnestus Lancelinil ja 1913. aastal avaldas ta ka raamatu „Méthode de dédoublement personnel“, kus ta oma katseid kirjeldab.

Aegade jooksul tehtud inimese kehast väljumise uuringutest on täheldatud seda, et kehast väljumise korral inimese tajud ja tunded kahekordistuvad.

Subjektiivse kogemusena on kehast väljumise võimalikkus tõendatud, kuid objektiivse nähtusena ei ole seda skeptikute meelest tõestatud. Seda nähtust kogenud inimesed ei kahtle selle reaalsest eksisteerimisest, kuid need, kes ei ole seda kogenud, on püsivalt skeptilised nende nähtuste reaalses olemuses – pidades neid inimese aju „keemilisteks uperpallideks“. Ainult mõned üksikud uurijad on arvanud seda, et inimese teadvus elab edasi ka pärast surma „peenmateriaalse ektoplasmakehana“, sest seda on väidetavalt kogetud kehast väljudes.

2.1.6 Surmalähedane kogemus on vaimuhaiguse ilming?

Teadlased ja elukutselised meedikud näevad surmalähedaste kogemuste juures vaimuhaiguste ilminguid. Arvatakse, et need on tekkinud ajutise keemilise tasakaalu puudumise tagajärjel või endorfiinide vabanemisel ajus. Arvatakse ka seda, et need on tekkinud narkootiliste ainete ja uinutite mõjul, ajutisest haigushoost või on need tekitatud isegi sihilikuks väljamõeldiseks. Surmalähedaste kogemuste ja mitmete vaimuhaiguste omavahelisi seoseid on näiteks analüüsitud raamatus „*Elu pärast surma*“ (Tallinn, 1997, Farnaz Ma´sumian), mida me ka siin pikemalt vaatama hakkame.

Surmalähedasi kogemusi või nende üksikelemente peavad enamus meedikuid mitmesuguste vaimuhaiguste ilminguteks. Näiteks kehavälised elamused. Need liigituvad selliste skisofreeniliste haiguste hulka nagu näiteks hallutsinatsioonid, pettekujutlused ja orgaanilistel põhjustel tekkinud mentaalsed häired nagu deliirium, mis tähendab joomahullust. Mõned arstid on isegi oma surmalähedaste kogemustega patsiendid suunanud psühhoanalüütikute jutule või koguni vaimuhaiglasse.

Kas surmalähedased kogemused on tõepoolest siis põhjustatud vaimuhaigusest? Selleks aga vaatame järgmiselt skisofreeniasümptomeid, mis mõnede meditsiiniprofessorite arvates on need olemas surmalähedastes kogemustes:

> Nägemishallutsinatsioonide korral näevad inimesed objekte ja nähtusi, mida reaalselt tegelikult ei eksisteeri. Kuulmishallutsinatsioonid seisnevad reaalselt mitte eksisteerivate helide kuulmisele. See on analoogiline nägemishallutsinatsioonidega. Pettekujutluse korral on inimene absoluutselt veendunud selles, et ta on näiteks Jumal või Picasso. Skisofreenikud kannatavad ka mõtete seoste kadumise all. Neil on raskusi oma mõtete seostamisega – nad hüppavad teiste inimestega suheldes seosetult ühelt teemalt teisele.
>
> > Skisofreenikutele teevad suurt piina see, et mida nad näevad või kuulevad või mida nad ei suuda teistele edasi jutustada. Sellised asjaolud muudavad haiguse ilmingu veelgi raskemaks ja paljud neist langevad sügavasse masendusse ehk depressiooni. Osa inimesi ei saa iseendaga hakkama ja seepärast pannaksegi nad hooldekodudesse. Kuid inimesed, kellel on olnud surmalähedasi kogemusi, on vastupidiselt nendele hoiakud ja ühiskondlik aktiivsus paranenud. Sellises seisundis on paljud inimesed näinud valgusolendeid, kuid mitte keegi ei ole ennast samastanud näiteks Jumalaga või Aleksander Suurega. Skisofreenilised nägemused on seosetud ja ilmuvad korduvalt, siis vastupidiselt nendele nähtustele on surmalähedased kogemused alati

seostatud ja esinevad inimese kogu eluaja jooksul väga vähe kordi.

Meditsiiniprofessorid on käsitlenud surmalähedasi kogemusi ka kui deliiriumi – väga tugevat keemilise tasakaalu puudumist, mis on üldjuhul taanduv ja ei põhjusta püsivat ajukahjustust. Väga paljud surmalähedased kogemused esinevadki just siis kui aju ei saa hapnikku ja seega võib aju sellele reageerida vägagi iseäralikult. Kuid on ju teada seda, et deliiriumis olevatel inimestel tekitab selline seisund aga hoopis segadust ja seetõttu on inimese ümbrusetaju häiritud. Deliiriumis olevatel inimestel tekivad väga sageli negatiivsed hallutsinatsioonid, mis on sellega seotud kas siis loomad või putukad. Sellises seisus olevatel inimestel on mõtted tavaliselt seosetud ja esinevad keskendumisraskused. Kui aga deliiriumiperiood lõpeb, ei mäleta inimene enamasti selle üksikasju või mäletab seda väga uduselt.

> Kuid mitte ükski nendest iseloomujoontest ei esine surmalähedaste kogemuste korral. Mitte ükski inimene, kes on olnud deliiriumis, ei ole andnud sellele sügavat tähendust või omistanud suurt hingelist mõju edasiseks eluks. Deliiriumi kogemustes ei ole ühtegi surmalähedaste kogemuste iseäralikke nähte nagu näiteks tunneli nägemine, valgusolendid, tagasivaade elule jne. Deliiriumi on peetud ka kui „*halba narkootikumiuima*“, siis vastupidiselt sellele on surmalähedasi kogemusi peetud „*hingelisteks pöördepunktideks*“.

Osa meditsiiniteadlasi peavad kehaväliseid kogemusi (mis on samuti surmalähedaste kogemuste üks tunnusjooni) „*autoskoopilisteks hallutsinatsioonideks*“. Sellised elamused ei ole eriti tuntud, kuid ajaloo jooksul on olnud nendest nähtustest kuulda saadud. Sellise hallutsinatsiooni ajal näeb inimene enda ees projektsiooni iseendast, mis on võrreldav kellegi teise inimese juuresolijaga. Meditsiin teab seda, et epilepsia või migreensete peavalude all kannatavad inimesed selle all üsna sageli.

> Sellistest hallustinatsioonidest on palju räägitud, kuid tuleb silmas pidada seda, et kehaväliste kogemuste ja autoskoopiliste hallutsinatsioonide vahel peitub siiski suur kuristik. Kehaväliste elamuste korral asub inimese tajumiskeskus väljapool inimese füüsilist keha, kuid autoskoopiliste hallutsinatsioonide korral inimene tajub enda projektsiooni oma füüsilisest kehast lähtudes. See on väga oluline vahe, mida tuleb arvestada. Eneseprojektsioon, mida inimene näeb, on tavaliselt kolmemõõtmeline ja mitte läbipaistev – täpselt nii nagu oleks tegemist pärisinimesega. Kuid kehaväliste kogemuste korral nähakse läbipaistvaid kehasid. Kehaväliste kogemuste korral on inimestel olnud võimalus liikuda ilma oma füüsilise kehata ringi ja anda ka selle kohta väga täpseid kirjeldusi, siis autoskoopiliste hallutsinatsioonide puhul inimesed ei saa selliseid kogemusi üle elada, sest nemad tajuvad hallustinatsioone oma füüsilisest kehast.

Surmalähedaste kogemuste olemuse põhjenduseks on välja pakutud veel üks väga radikaalne idee. Nimelt surmalähedased kogemused ei ole midagi muud kui mälestused inimese sündimisest – lapse vaevaline tulemine ema üsast, pääsemine pimedast valgesse ja säravasse maailma, medõed on nagu valgusolendid, kes siis sündinu rõõmsalt ja heatahtlikult vastu võtavad.

> Selline põhjendus surmalähedaste kogemuste tekkimisele ja selle olemusele tundub olevat isegi usutav. Kuid teaduslikud uurimustööd, mida on tehtud vastsündinute võimetega, lükkavad selle „hüpoteesi“ kindlalt tagasi. Näiteks Lõuna-Illinois´ Ülikooli filosoofiaprofessor Carl Buker on uurinud pediaatrite töid. Uurimuse iseloomuks oli vastsündinute mõistmise ja meeles pidamise informatiivsus oma sündimise läbielatusest. Uurimustööde tulemused lubavad kinnitada seda, et inimese

meeled ei ole sündimise hektel veel piisavalt välja arenenud selleks, et midagi vastu võtta ja isegi meelde jätta. Nii et oletus selle kohta, et valgusolend, mida nähakse surmalähedaste kogemuste ajal, on kellegi arst, ämmaemand või isa, kes siis tervitavad vastsündinut, kui see väljub sünnitusteedest, on paraku ekslik. Vastsündinud ei suuda oma pilke fokusseerida. Kui valguse ja pimeduse kontrastsus ei ole vähemalt 70%, siis ei reageeri vastsündinu valgusele. Need on teaduslikud faktid. Vastsündinute vaade on põgus ja koordineerimata ja seda veel enam, kui nad nutavad, mida teevad niikuinii suurem osa vastsündinutest. Pisarad segavad nägemist. Mitte ükski laps ei ole võimeline oma esimesel elukuul keskenduma oma vaadet objektile, mis on temast kaugemal kui 1,5 meetrit.

Vastsündinu ei saa tajuda seda, mida ta sündimise ajal kogeb. Sellepärast, et vastsündinu aistingud ei ole sündimise ajaks veel korralikult välja arenenud ja puuduvad kogemused objektide piirjoonte ja selle kujunditega. Kui surmalähedased kogemused on tõesti kui jääkmälestused sündimiskogemusest, siis peaksid need olema valulised ja vaevalised kogemused, mitte aga õndsust ja rahu tekitavad meelelised sündmused.

Kõrgematel selgroogsetel eluvormidel on närvisüsteem väga tugevalt diferentseerunud nagu näiteks lindudel ja imetajatel. Selliste eluvormide tundemärgid näitavad seda, et nende käitumine on teadlik. Kuid nendele omased käitumisviisid puuduvad üldse või esinevad ainult osaliselt (mis võivad olla ka ebamäärased) sellistel eluvormidel, mille närvisüsteem ei ole nii väga diferentseerunud. Sellest teebki teadus järelduse, et teadvus on seotud komplekssete neuronstruktuuridega. See annab mõista, et väljapool neuronstruktuure teadvust ei eksisteeri. Teadus aktsepteerib seda, et teadvus eksisteerib ainult kortikaalsete ja subkortikaalsete struktuuride koostöös, mitte aga kumbagi struktuuris üksinda.

2.1.7 Ajukeemiast tingitud nähtused?

Teadlased (näiteks Zalika Klemenc-Ketis) on avastanud väga tugeva seose surmalähedaste kogemuste tajumise ja aju vere kõrgenenud süsinikdioksiidi ning vähemal määral ka kaaliumi taseme vahel. Teadlased usuvad seda, et süsihappegaas muudab inimese aju keemilist tasakaalu ja nii kutsub see esile valguse, tunnelite ja surnud inimeste nägemise.

Kuid enne surma kogetavat eredat valgust võib põhjustada ajus tõusev serotoniinitase, mida on näiteks Alexander Wutzler oma teadusuuringutes tuvastanud. Neurobioloogid on juba kaua aega arvanud seda, et surmalähedaste kogemuste tekkepõhjused on seotud just aju virgatsainetega. Kõige rohkem arvatakse selleks olevat just eespool mainitud serotoniin, sest see reguleerib meeleolu ja töötleb nägemise ja kuulmise kaudu saadud informatsiooni. Kuna serotoniin reguleerib valutundlikkust ja ka tuju, siis arvataksegi seda, et kõrge serotoniinitase ajus muudab inimese suremise kergemaks.

Kuid on olemas ka teisi teadlaste arvamusi surmalähedaste kogemuste tekkepõhjuste osas. Näiteks uurija Susan Blackmore arvates tekivad paljud surmalähedased kogemused just aju hapniku puudusest. Surmalähedasi kogemusi on võimalik esile kutsuda keemiliste ühenditega ja seega selgitatakse surmalähedaste kogemuste tekkepõhjusi just neuroloogiliste mehhanismidega. Näiteks erakordseid teadvuselamusi ja visioone tekitab inimese ajule juba üsna väike doos hallutsinogeenset ainet. Seda tekitab ka selline seisund, mille korral aju ei saa hapnikurikast verd. Süda, mis pumpab verd, on inimese kliinilise surma ajal seiskunud. Selline asjaolu veenabki teadlasi just loomuliku

põhjuse kasuks, mitte ei nähta selles üleloomulikkust. Üldiselt arvatakse surmalähedased kogemused olevat endast just normaalse aju tegevuse häired traumaatilise sündmuse ajal.

Näiteks surmalähedase kogemusega sarnane teadvuseseisund esineb ka hävituslennukite pilootidel. Need tekivad siis, kui väga suurel kiirusel pööratakse või alla poole sööstetakse. Sellisel juhul hakkab ilmnema ajule väga suur raskusjõud. Väga kiiret pööret tegevas hävituslennukis tekib inimesel jõud peast jalgadesse. See tekkiv jõud surub kõike alla. Iste aga hoiab inimese keha lennukis paigal, kuid inimese veri voolab sellegipoolest alajäsemetesse ja ka kõhtu. See tähendab omakorda seda, et inimese pea jääb lühikeseks ajaks ilma vereta. Kiire lennu tingimusi jäljendavad tsentrifuugid, mida erinevad uurijad kasutavad oma erinevates lennulaborites. Sellistes tingimustes uurivad teadlased raskusjõu mõju inimese ajule. Teadvus hakkab pilootidel korraks kaduma, kuid enne seda hakkab veri inimese ajust „ära minema“ ja seejärel nähakse tunnelit. Pärast seda ei saa inimene enam liikuda ja ta ei taju lõpuks enam midagi. Inimese teadvus kustub. Vere naasmise korral ajju hakkab inimene alguses tõmblema ja pärast seda ilmneb inimesel teadvus. Kõigepealt on inimene segaduses ja ei mõista olukorda. Inimene suudab lennukit juhtida alles siis, kui tal see segadustunne üle läheb. Kui inimesed on kaotanud teadvuse, siis nad näevad lühikest unenägu, mis on üsna kindlakujulised ja sarnanevad väga surmalähedaste kogemustega. Nähakse peret või sugulasi ning tuntakse hõljumist. Tuntakse, et ollakse väljaspool oma keha ja tajutakse kaaluta olekut. Tegemist on enamasti väga meeldiva ja eufoorilise tundega. Need kogemused süübivad sügavale inimeste mällu.

2.1.8 Surmalähedaste kogemuste tegelikkus

Surmalähedaste kogemuste korral peame tegelikult arvestama kolme teguriga, mida me hakkame kohe järgnevalt ka pikemalt analüüsima:

1. Inimese kehast väljumine on tegelikult reaalne nähtus, kuna sellele viitavad kindlad märgid nagu näiteks nähakse asju või saadakse midagi teada, mida surnud olles kuidagi ei saa näha ega teada.

2. Inimese surmaajal toimub tõenäoliselt kontakt maaväliste tsivilisatsioonidega, sest kehast väljumine viitab inimese elu jätkumisele pärast surma ja kus see „*hauatagune elu*“ ikka olla saab kui mitte taevas, kus on nähtud ka UFO-sid.

3. Kehast väljunud inimesed kogevad meie mõistetavas keeles öelduna „*virtuaalreaalsuse ilminguid*“. Näiteks nähakse põrgutuld, deemone, erinevaid tundmatuid maastikke, hooneid, võõraid ebamaiseid olendeid, kehast väljunud inimese enda elusündmusi jne.

Kõik need tegurid on omavahel kuidagi seotud. Kuid suures plaanis jagunevad surmalähedased kogemused selgelt kahte leeri:

1. Aju poolt loodud illusioonid kehast väljumisest. Inimese aju suudab kehast väljumist ja surmalähedasi kogemusi äärmiselt usutavalt jäljendada. Teadlased on otsinud ajuosa, mis vastutab surmalähedaste kogemuste eest.

2. Inimeste reaalsed ehk tegelikud kehast väljumised. Aju loodud illusioonil ja reaalsel kehast väljumisel tuleb osata teha vahet sarnaselt nii nagu näiteks vaimuhaigusel ja andekusel või häirel ja homoseksuaalsusel või vaktsiinide kasulikkusest ja väidetavalt nende laastavast mõjust.

Mõlemates leerides on nende paikapidavuseks välja pakutud äärmiselt veenvaid kaitseargumente, mida me nüüd ka järgnevalt lähemalt analüüsime.

2.1.8.1 Inimese ajust põhjustatud kehavälised elamused

Inimese kehaväliseid kogemusi ja surmalähedasi kogemusi ei saa võtta päris üks ühele. Inimese kehaväline kogemus sisaldab endas ainult kehast väljumist ja ei midagi muud. Kuid samas surmalähedane kogemus sisaldab endas peale kehast väljumise ka veel palju muid aspekte nagu näiteks surnute „hingede“ nägemist, valgustunnelit, ilusaid maastikke ja õndsuse tunnet. Surmalähedane kogemus sisaldab endas kehast väljumist, kuid see on tunduvalt laiem ja mitmekülgsem nähtus kui lihtsalt üks tavaline kehaväline kogemus. Selles mõttes on need kaks mõnes mõttes erineva sügavusega ja haardega nähtust.

Kuid enamikes surmalähedaste kogemuste kirjeldustes on selgelt näha kombinatsiooni surmalähedastest ja kehavälistest kogemustest. Neuroteadus on püüdnud seletada neid kahte aspekti eraldi, mitte aga seotult koos. Kuid näiteks Pam Reynoldsi juhtumi korral tekkisid need nähtused siiski koos, mitte eraldi. Aga kuidas ja miks? Seda ja kehaväliste kogemuste kunstlikku tekitamist on pikalt arutanud Villu Päärt oma 2007. aasta artiklites, mida leiab interneti koduleheküljelt: www.novaator.ee.

Näiteks surmalähedast kogemust on ametliku statistika järgi kogenud lausa 18 protsenti südameinfarktisurmast pääsenud inimesed. Peab märkima seda, et inimese kliinilise surma ajal ilmnevad küll surmalähedased kogemused, kuid mitte kõikide juhtumite korral. See tähendab seda, et igakord ei esine surmalähedasi kogemusi inimese kliinilise surma ajal. Religioonimaailmale ei ole surmalähedased kogemused sugugi midagi uut ja taunivat, kuid praeguse aja teadusele tundub keha ja vaimu dualism absurdsena ja vastuvõetamatuna. Kuid teaduslik fakt on see, et ajusurmas ei ole inimene võimeline talletama mälestusi ja ka teadvusel olema, kuigi surmalähedaste kogemuste ajal seda tõesti esineb.

Praegusel ajal peetakse üheks parimaks surmalähedase kogemuse seletavaks teooriaks USAs Kentucki Ülikoolis läbiviidud teaduslikku uuringut. Ülikooli uuringust selgus, et neid kummalisi nähtusi põhjustab väidetavalt inimese unehäire. See seisneb selles, et kliinilisse surma jõudes kestab inimese REM-une faas tegelikult edasi. Seetõttu ärkab inimese teadvus üles enne keha ja esinevad kehaga mitte seotud tunded ja hallutsinatsioonid. Selle teooria järgi on surmalähedane kogemus lihtsalt REM-uni, mis võib tekkida näiteks infarkti ajal. See tähendab põhimõtteliselt seda, et need nähtused pole tegelikult midagi muud, kui ootamatult alguse saanud und meenutav seisund. Antud teooria seletab pealtnäha ka seda aspekti, mille korral inimesed kogevad asju, kui nende ajud on surnud. Näiteks ajutüvi on selline ajupiirkond, mis kontrollib inimese keha põhilisi funktsioone. Sellisest ajupiirkonnast lähtub ka REM-uni. Kuid teada on seda, et inimese ajutüvi on võimeline funktsioneerima ka siis, kui ülejäänud ajupiirkonnad on töötamast lakanud. Nii tekibi REM-uni, mis võib olla surmalähedaste kogemuste põhjustajaks.

Kuid selline välja pakutud teooria ei seleta kehaväliseid kogemusi ja ka sellist aspekti, mille korral näeb inimene surnud olles oma enda keha kõrvalt. Surmalähedased kogemused ja kehavälised elamused esinevad vahel koos ja vahel ka lahus.

Kehaväline kogemus võib tekkida ka siis, kui stimuleerida teatud ajupiirkondi. Näiteks inimese kehaväliseid kogemusi on uurinud Šveitsi neuroloog Olaf Blanke. Üheks tema patsiendiks oli 43-aastane naine, kellel esinesid väga tugevad epilepsia haigushood. Teadlane püüdis leida nende haigushoogude põhjusi. Selleks stimuleeris ta naise aju nõrkade elektrilöökidega, sest niimoodi saab teada kindlaid funktsioone tagavaid kindlaid ajupiirkondi. Kui ühte kindlat ajupiirkonda

stimuleeriti, siis tekkis naisel kehaväline kogemus, mille korral vaatas naine enda keha kuskilt ülevalt. Selle uuringu tähtis järeldus oligi see, et kui stimuleerida elektriga inimese aju *angular gyrust*, mis asub aju oimusagara ja kiirusagara ühinemiskoha läheduses, tekib inimesel pidevalt kehavälised kogemused. Sarnaseid katseid on võimalik ajas korrata.

Kanada *Laurentian University* väga hinnatud neuroloog Michael Persinger on läbi viinud üsna hämmastavaid uuringuid, mida kindlasti tasub antud teemaga seonduvalt märkida. Ta on korraldanud inimestega katseid 20 aastat ning pidevalt avaldanud oma leide meditsiinilises ja teaduslikus kirjanduses. Persinger konstrueeris masina, mis genereerib tugevat elektromagnetilist välja, et stimuleerida inimese aju. See vallandab teadvuse teistsuguse seisundi ja kutsub paljudel tema katsealustel esile nägemusi. Sageli tekib ajatuse ja ruumituse ning kehast eraldumise tunne, mis sarnanevad inimese ajusurmas olevate kogemustega.

Väga paljudel inimestel, kellel on esinenud migreen või epilepsia, on tundnud ennast olevat oma kehast väljaspool. Kuid praeguse ajani ei ole leitud, et epilepsiaga inimestel surmalähedased kogemused tõenäolisemalt esineksid. Inimese aju on suuteline inimest veenma, et ta asub oma kehast väljas. Seda nähtust on hakanud teadlased süstemaatiliselt uurima. Näiteks on neuroteadlased püüdnud tervetel inimestel esile kutsuda kehaväliseid kogemusi. Näiteks mõnes katses pandi inimeste silmade ette videoprillid, mis võimaldasid inimestel näha oma enda keha uues vaatenurgas. Taolises katses ütlesid inimesed pärast seda, et nad tundsid oma kehast olevat väljunud. Sellised eksperimendid annavad uusi teadmisi inimese keha tajust ja virtuaalreaalsuse tehnoloogiat kasutades on võimalik inimestel esile kutsuda tunnet, et oled reaalselt kuskil mujal, mitte aga siin. Näiteks teadlaste nagu Ed Jongi inimeste peal tehtud katsed virtuaalse reaalsuse tehnoloogiaga näitavad, et neil on võimalik luua illusioone nagu näiteks võõras keha on nende oma, nad omavad kolme kätt või et nad on koletised või kääbused. Niisamuti ka oma kehast väljas illusiooni on võimalik neil tekitada. Need aju trikid on nii veenvad, et katses osalenud inimesed ei usu, et need trikid loob tegelikult nende aju ise. Need aga näitavad seda, et teadvus on vahetult seotud inimese „mina“ tundega.

Sellised eksperimendid näitavad, et kehaväliseid kogemusi on võimalik katseliselt esile kutsuda ja manipuleerida. See tähendab seda, et on võimalik mõjutada aju arusaama füüsilisest kehast puhtalt informatsiooni abil, mida on võimalik meelte kaudu lasta.

Näiteks üks katse kehaväliste kogemustega stimuleerides tehti Šveitsis Lausanne`is asuvas tehnoloogiainstituudis. Teadlaste Bigna Lenggenhager ja Olaf Blanke juhitud katses seisid kaamera ees videoprille kandvad inimesed. Inimesed said näha prillidest kaameraülesvõtet kolmemõõtmelisest kujutisest, mis oli kujutatud inimese enda selga. Inimese keha torkamisel markeriga oli näha ka samaaegselt virtuaalkeha torkamist, kuid seda sai näha prillidest. Selle torke ajal tundsidki inimesed seda, et see virtuaalkeha ongi nende enda keha, mis pole muidugi tõsi. Pärast seda lülitati videoprillid inimestel välja. Seejärel kästi inimestel paar sammu eemale minna ja siis uuesti tagasi oma endisele kohale tulla, kuid pimesi. Juhtus aga ootamatu sekeldus. Katseisikud kõndisid oma tegelikust kohast üle ja astusid oma virtuaalkeha näinud kohale lähemale.

Kehaväliseid kogemusi on uurinud ka Rootsi Karolinska Instituudi teadlased. Näiteks teadlane Henrik Ehrson viis läbi uuringu, mille korral nägid inimesed samuti läbi videoprillide oma enda selgade kolmemõõtmelisi kujutisi. Kuid sellisel korral istusid naine ja mees toolil. Vaadates videoprillides oma selga tagantpoolt, puudutas Ehrson oma kahe plastikkepiga üheaegselt katseisikute selga ja rinda. Katseisikutel tundus, et nad istuvad oma füüsilisest kehast tagapool ehk siis kehast väljas ja seda isegi siis, kui nad oma videoprillidest nägid, kuidas Ehrson puudutab nende oma tõelist selga. Sarnast katset sooritas Ehrson ka enda peal. Ta sai samasuguse kogemuse osaliseks nagu said eelmised katseisikud. Ta tundis ennast istuvat teises kohas hoolimata sellest, et tegelikult istus ta ikka ühes kohas. Videoprillidest näha olev keha tundub reaalselt enda kehana kuigi tegelikult seda ei ole. Kuid Ehrson tunnistab, et see keha ei tundu iseendana, vaid jääb tunne nagu vaadatakse hoopis nukku.

> *Ehrson tunnistab, et see keha ei tundu iseendana, vaid jääb tunne nagu vaadatakse hoopis nukku.*

Kõiki neid katseid on võimalik ajas korrata. Katsete kordamisel mõõtis Ehrson inimeste naha elektrijuhtivust, sest see annab mingisugust ettekujutust inimese emotsionaalsest ärksusest. Mõõtmised näitasid, et inimesed hakkasid kartma siis, kui Ehrson virutas haamriga kaamera ees sellises kohas, kus inimestel oli veendumus näha ennast. Oli selge, et tegelikult ei olnud mingisugust reaalset ohtu, kuid sellest hoolimata tõusis inimeste emotsionaalne ärksus.

Šveitsis asuva Zürichi Ülikooli kliiniku neuroteadlast Peter Bruggerit veensid need katsed selles, et inimese tundmust olla oma enda kehas põhineb meelte ja taju vahel olevast visuaalsest perspektiivist ja koordinatsioonist. Kuid Peter Brugger oli siiski ka kindel selles, et nendes katsetes ei ilmnenud täielikku kehast eraldumist, mille korral oleksid katseisikud tundnud ennast täielikult eraldunud oma kehast. Laboritingimustes jõuti lihtsalt nendele väga lähedale.

Peter Brugger oli siiski ka kindel selles, et nendes katsetes ei ilmnenud täielikku kehast eraldumist, mille korral oleksid katseisikud tundnud ennast täielikult eraldunud oma kehast. Laboritingimustes jõuti lihtsalt nendele väga lähedale.

Olaf Blanke on märkinud ka seda, et kehavälised kogemused võivad tekkida mitmetes ajupiirkondades nagu näiteks aju temporaarsagara ja kiirusagara ühenduskohas. Seda on näidanud varasemad uuringud. Kuid taolised katsed näitavad seda, et missugused ajupiirkonnad ja ajufunktsioonid võivad tekitada kehaväliseid kogemusi ja kuidas ajus kujuneb välja inimese mina tunne.

Aju töötleb igas sekundis väga suurt informatsiooni hulka. Aju oimusagara ja kiirusagara ühinemiskohas pannakse kokku tegelik ja ühtne pilt, väljaselekteerides infot, mis ei sobi pilti. Kuid teada on seda, et see ajupiirkond töötleb infot, mis annab inimesele arusaama oma kehast ja selle lokatsioonist ruumis. Oleks väga loogiline järeldus see, et selle piirkonna kahjustumise või väärtöötlemise korral võivadki ilmneda kehavälised kogemused.

Kehaväliseid kogemusi seletab Blanke poolt välja pakutud teooria ja surmalähedasi kogemusi püüavad seletada Kentucky Ülikooli teadlased. Kuid nendest teooriatest ei ole üldse abi, kui uurida näiteks Pam Reynoldsi juhtumit, mille korral esinevad need kaks nähtust seotult koos. Näiteks Pam Reynolds nägi ajusurma ajal enda keha väljaspoolt. Kuidas on selline asi võimalik? Ajutüves ilmnev unenägu võib olla surmalähedane kogemus, kuid ajutüvi ei töötle kehaväliseid kogemusi, mille ajupiirkond oli funktsioneerimisest lakanud. Aju ei saa siiski olla surnud, et töödelda selliseid nähtusi, mis tekivad ajutüve poolt tekitatud REM-unes. On selge, et kaks välja pakutud teooriat ei suuda siiski seletada surmalähedaste kogemuste olemust.

Katsed virtuaalreaalsuse tehnoloogiaga näitavad ainult seda, et inimese aju on teatud situatsioonides võimeline kehast väljumist üsna veenvalt jäljendama ja ei midagi muud. Aju keemilise tasakaalu välja viimine teatud keemiliste ainete konsentratsiooni tõttu tekitab selliseid nähtusi, mis sarnanevad surmalähedaste kogemustega. Seetõttu püütaksegi neid nähtusi seletada inimese ajukeemiast tingitud häiretena. Kuid kõigest sellest võib järeldada, et inimese aju on võimeline jäljendama surmalähedasi kogemusi, kuid see veel ei tähenda siiski seda, et kõik sellised nähtused oleksid automaatselt aju loodud illusioonid. Võib oletada, et eksisteerivad ka inimeste reaalsed ehk tegelikud kehast väljumised, mis ei ole enam illusionaarsed. See tähendab, et aju loodud illusioonil ja reaalsel kehast väljumisel tuleb osata teha vahet sarnaselt nii nagu näiteks vaimuhaigusel ja andekusel, häirel ja homoseksuaalsusel või vaktsiinide kasulikkusest ja väidetavalt nende laastavast mõjust. Selliste väidete põhjenduseks toomegi välja põhjaliku analüüsi, mis on esitatud järgmises peatükis.

2.1.8.2 Miks inimese kehast väljumine peab olema siiski reaalne nähtus?

Seni võis surmalähedasi kogemusi pidada sureva aju viimasteks funktsioonideks või lihtsalt hallutsinatsioonideks, mida siis inimese surev aju tekitab. Et aga sellise arusaamaga lõplikult nõustuda, tuleb uurimusse arvesse võtta ka sellised aspektid, mille korral inimene näeb enda elustamiskatseid kõrvalt. Sellised aspektid sunnivad ümber lükkama praegusi oletusi selle kohta, et miks ikkagi tekivad surmalähedased kogemused. Need aspektid on selle nähtuse juures kõige raskemini seletatavad ja sellepärast ei saa kuidagi surmalähedasi kogemusi pidada sureva aju illusioonideks. Neid aspekte arvestades saab tulla ainult sellisele järeldusele, et teadvus on tõepoolest võimeline inimese kliinilise (ja seega ka bioloogilise) surma ajal närvikoest eralduma.

Teadlastele ja meedikutest praktikutele kõige raskemini selgitatav element surmalähedaste kogemuste puhul on kehavälised elamused. Käesoleval ajal ei ole ühtegi teaduslikku seletust (välja arvatud käesolev teooria) sellest, et kuidas inimesed, kes teatavad oma kehavälistest kogemustest, on võimelised andma nii detailseid ülevaateid selle kohta, mida meditsiiniline personal nende elustamise ajal rääkis või tegi. Veel üllatavamad on hämmastavalt täpsed ülevaated kehavälistest elamustest, mille puhul inimesed on võimelised kirjeldama seda, mis juhtus kusagil mujal, samal ajal nende füüsiline keha lamas haigla operatsioonisaalis. Surmalähedaste kogemuste kirjeldustes esineb väga sageli aspekt, mille korral näeb inimene surnud olles enda elustamisprotseduure kõrvalt, mida ta ka hiljem arstidele jutustab ja need omakorda kinnitavad tema jutte.

> Näiteks Eesti nukuteatri kunagine direktor Meelis Pai oli samuti kogenud surmalähedast kogemust, kui ta 21-ks päevaks koomasse langes. Pärast koomast ärkamist teadis mees asju, mis toimusid ajal, mil ta oli täiesti teadvusetu.

Inimene pidi reaalselt kehast väljuma, et selliseid asju kirjeldada. Selle teaduslikud järeldused on üsna ühesed, kuid vastukriitika seisneb selles, et kas neid „*elustamiskatsete lugusid*“ tasub üldse uskuda. Kuna selline aspekt sisaldub surmalähedastes kogemustes, mille korral inimene näeb surnud olles enda elustamisprotseduure pealt ja saadud adekvaatset informatsiooni saavad arstid pärast elustamist kinnitada, siis peab seda uuringutes arvestama, sest muidu ei tasuks uskuda ka üldist surmalähedaste kogemuste jutte, mis on aga praktiliselt võimatu. Siinkohal toome järgnevalt välja veel mõned näited sellistest kummalistest juhtumitest.

> Neljakümne üheksa aastasel mehel oli nii tõsine südameatakk, et pärast 35 minutit kestnud keerulisi elustamiskatseid arst loobus ning hakkas täitma surmatunnistust. Siis märkas keegi mingit elutegevust, arst jätkas tööd elektriliste elustamisvahendite ja hingamisaparaadiga ning suutis patsiendi südame jälle tööle panna. Järgmisel päeval, kui patsient oli juba kontaktivõimelisem, suutis ta detailselt kirjeldada peaaegu kõike seda, mis oli elustamisruumis toimunud. Arst oli väga üllatunud. Kuid veelgi rohkem hämmastas teda patsiendi ilmekas kirjeldus kiirabiõest, kes arstile oli appi tõtanud. Patsient kirjeldas teda väga detailselt, kaasa arvatud soeng ja perekonnanimi. Ta kirjeldas, kuidas naine oli veeretanud läbi koridori käru koos elektrišoki aparaadiga, mis on meditsiinis põhiline elustamisvahend. Kui arst temalt küsis, kuidas ta sai teada õe nime ja seda, mis õde tema südameataki ajal tegi, ütles patsient, et oli väljunud oma kehast ja läbinud õe keha – siis kui ta oli läinud ooteruumi oma naist vaatama. Õe keha läbides oli ta lugenud tema nimesilti ning jätnud selle meelde, et hiljem teda tänada. Arst oli patsiendi jutu üle väga hämmeldunud. Ta ütles, et kohalolek oli ainus võimalus kõike seda nii täpselt kirjeldada.
>
> Inimene, kes oli sündides juba pime, sattus nii raskesse auto õnnetusse, et ta langes haiglas kliinilisse surma. Meditsiiniline personal püüdis edukalt teda elustada. Järgmisel päeval, kui ta oli paranemas ja toibumas, rääkis ta arstidele hämmastavalt detailselt sellest, mis tema elustamiskatsete ajal sooritati. Kusjuures oli ta sünnist saati täiesti pime, suutis ta isegi arstide välimust ja tööriistade kujusid väga täpselt

kirjeldada. Arstid olid tema jutu üle väga hämmingus ja ei osanud selle peale midagi kosta.

Surmalähedasi kogemusi on kogenud isegi maailma kuulsusega teadlased. Näiteks neurokirurg dr. Eben Alexander sattus 2008. aasta sügisel bakteriaalse põletiku tõttu koomasse. Tema aju üks osa nimega korteks oli täielikult funktsioneerimise lakanud, kuid teised ajupiirkonnad töötasid endistviisi edasi. Arvatakse, et teadvus on seotud just korteksi ajupiirkonnaga ja seetõttu on SLK-sid peetud just korteksi häireteks. Kuid dr. Alexander ei oleks siiski saanud üldse midagi tunda ega näha, sest korteks oli täielikult funktsioneerimise lakanud, mitte aga lihtsalt häirunud.

Pam Reynolds, kes oli Atlanta laulja ja laululooja, viidi 1991. aastal operatsiooni ajal kliinilise surma seisundisse. Pam Reynoldsi juhtum on üks kuulsamaid maailmas, sest kirjeldatud juhtum on tõestatud kui fakt. Kehast väljumist ja tunnelite nägemist on täheldatud ka paljudes teistes surmalähedastes kogemustes. Kuid neid asjaolusid, mida Pam koges esmalt üldnarkoosi ajal ja siis kliiniliselt surnud olles, kinnitasid hiljem ka tema operatsiooni ajal kohal olnud meditsiini töötajad.

> Pam Reynoldsil esinesid suured peapööritused. Laulja kõne- ja liikumisvõime hääbusid. Tal tehti kompuutertomograafia, milles oli näha, et naise ajuarteris ajutüve lähedal oli hiiglaslik aneurüsm. See on väga ohtlik, sest see võib lõhkeda ja inimese ära tappa. Surm võis tekkida ka tavalise lõikuse ajal. Naist ravis Phoenixi neurokirurg Robert Spetzler, kes on terapeutilise hüptermia spetsialist. See seisneb selles, et patsiendi kehatemperatuur viiakse nii madalale, et süda seiskub. Tekib kliiniline surm. Inimese aju ei tööta, kuid madalal kehatemperatuuril tuleb see ilma hapnikuta kauem toime. Paisunud veresooni pehmendab madal temperatuur ja seetõttu veresoonte lõhkemise oht väheneb. Sellepärast aneurüsm tühjeneb ja selle saab kõrvaldada.
>
> Naise kallal töötasid nii Spetzler kui ka tema enam kui 20 meditsiini ala töötajat. Ta viidi üldnarkoosi. Et aga Pami silmad ei kuiveneks, siis ta silmad määriti lubrikandiga kokku ja kleebiti kinni. Pami ajukoore elektrilist aktiivsust jälgiti elektroentsefalograafi elektroodidega. Naise kõrvadesse pisteti väikesed kõlarid, mis mõõtsid ajutüve aktiivsust. Nendes kõlarites oli kuulda 100 detsibelliseid klõpse. Kuid just kolju lahtipuurimise ajal tundis Pam oma kehast väljumist ja seejärel nägi ta, kuidas arstid tema füüsilise keha kallal toimetavad. Seda rääkis naine hiljem pärast üldnarkoosi ajal olemist. Sellise operatsiooni ajal ei saanud kuidagi Pam kasutada oma silmi ega kõrvu. Kuid siiski mäletab ta seda mõtet (nähtut ja kuuldut), mil ta oli õhus hõljunud.
>
> „Minu meelest oli väga kummaline, kuidas nad mu pead olid raseerinud. Olin uskunud, et nad võtavad kõik juuksed ära, aga ei võtnud," rääkis Pam hiljem. Väga täpselt kirjeldas ta luusaagi ja selle tekitatud heli: „See kaadervärk, mille hääl oli jõle, nägi välja nagu elektrihambahari ja selles oli mõlk." Spetzler püüdis Pami pealmist ajukihti kääridega lahti lõigata, kui mingisugune südamekirurg püüdis sel ajal Pami paremas kubemes reiearterit tabada. Hiljem oli Pam mäletanud südamekirurgi kõnet: „Meil on probleem. Tema arterid on liiga kitsad." Pärast seda aga lausunud kohe meeshääl: „Proovi teiselt poolt." Sellist vestlust kinnitasid hiljem arstid, kuid Pam ei saanud ju seda kuidagigi kuulda, sest ta oli viibinud üldnarkoosis ja tema kõrvadesse oli lastud väikeste kõlarite „kurdistav" klõpsumine.

> Kui Pam viidi kliinilisse surma, mis oli tekkinud madala kehatemperatuuri tagajärjel, siis hakkasid ilmnema surmalähedase kogemuse tavalised tunnusjooned. Ta oli operatsioonisaalist välja lennanud ja läinud mingisse valgesse tunnelisse. Tunneli lõpus nägi ta surnud sõpru ja tuttavaid. Naine tundis oma hinge kui ühte osa Jumalast. Ta mõistis, et kõik olemasolev on tekkinud sellest valgusest ehk Jumala hingeõhust. Kuid pärast seda juhatas Pami onu ta oma kehasse tagasi. Ta võrdles seda tunnet kui jäisesse basseini sukeldumist.

Umbes 4,2 protsenti inimestest on tundnud surmalähedast kogemust. See on välja tulnud USAs ja Saksamaal korraldatud uuringutes. Uurimustes on näha ka seda, et surmalähedaste kogemuste iseloomu ei mõjuta inimese sugu, rass, usuline kuuluvus, haridus, positsioon jne.

Eespool väljatoodud surmalähedaste kogemuste juhtumite korduv iseloom seisnebki selles, et patsient näeb kõrvalt enda elustamiskatseid, kui ta viibib parajasti kliinilises surmas. Juhtumite selline aspekt on ajas korduv ja seetõttu on seda võimalik ka objektiivselt kontrollida. Näiteks kogu maailmas elustatakse kuskil inimesi kliinilisest surmast peaaegu iga päev ja nendelt inimestelt saadud tunnistused sisaldavad antud aspekti. See tähendab seda, et kui inimene on sattunud pärast mõnda rasket haigust või ränka õnnetust kliinilisse surma, siis pärast tema taastumist (ehk pärast tema elustamist) on võimalik saada tunnistusi tema kogemustest, mis toimusid parajasti tema kliinilise surma ajahetkel. Seda võivad kinnitada ka elustamiskatsete juures viibivad isikud. Enamasti need juhtumid sisaldavadki antud aspekti.

> Kui surmalähedased kogemused on tõesti väidetavalt sureva aju loodud illusioonid, siis miks me ei näe midagi muud nagu näiteks ennast rannas päevitamas või ujumas, sõpradega aega veetmas, autoga sõitmas, kusagil mõnusas kohas reisimas või oma töö kohustusi täitmas nagu tavalise unenäo korral ikka nähakse. Miks nende asemel nähakse surmalähedaste kogemuste ajal just mingeid senitundmatuid tunneleid, valgusolendeid, suurt õndsuse tunnet, kaaluta olekut, tagasi vaadet elule ja veel palju muid surmalähedaste kogemustega kaasnevaid asju, mida enamus inimesi pole kogu oma elu jooksul kunagi kogenud?

Nagu juba eespool välja öeldud, seletavad mõned autoriteetsed teadlased surmalähedasi kogemusi aga süsinikdioksiidi taseme tõusuga veres. See tähendab seda, et on leitud tugev seos surmalähedaste kogemuste tajumise ning vere kõrgenenud süsinikdioksiidi ning vähesel määral ka kaaliumi taseme vahel. Paljud teadlased on pidanud võimalikuks ka seda, et patsient võis tulla lühikeseks ajaks teadvusele või võis ta poolenisti teadvuslikult midagi tunda. Võimalikuks on peetud sedagi, et patsiendile võisid hiljem õed või arstid midagi rääkida. Mõned teadlased on arvamusel, et patsientide kirjeldused võivad olla nii üldised, et sobivad ükskõik millise situatsiooniga. Kuid see ei seleta ikkagi sellist asjaolu, et kui inimene on kliiniliselt surnud, näeb ja kuuleb samal ajal seda, mis elustamisruumis parajasti toimub. Sellest järeldub, et süsihappegaas võib küll muuta inimese aju keemilist tasakaalu, kuid ilmselgelt ei seleta see ära kehaväliseid elamusi, mille korral inimene näeb surnud olles kuidas meedikud teda parajasti elustada püüavad. Kui inimene saab midagi teada sellel ajal toimunud tegevuse kohta, mil ta oli kliiniliselt surnud, siis see tegelikult tõestabki selle nähtuse reaalset eksisteerimist, mida paljud skeptiliselt häälestatud maailma teadlased püüavad lihtsalt ignoreerida.

Kuid kõigest sellest hoolimata peetakse surmalähedasi kogemusi enamasti just sureva aju illusioonideks. Ollakse veendunud, et toimub midagi ajus, mitte sellest kusagil väljaspool. Peaaegu kõik teadlased on sellises arusaamises üsna kindlad. Kuid sellest hoolimata on olemas aspekte, mis seab sellise väite tõsiselt kahtluse alla. Näiteks kui inimene on kliiniliselt surnud, siis on tal ikkagi võimalus näha selliseid toiminguid, mida arstid tema elustamise ajal korda saadavad. Hiljem, kui inimene on juba taastunud ja ärkvel, räägib inimene seda, et mida elustamise ajal täpselt tehti ja kogu see kirjeldus osutub detailselt väga täpseks. Selline aspekt on hiljem üllatanud väga paljusid arste, sealhulgas isegi skeptikuid. Suur hämming seisnebki selles, et kuidas saab inimene teada

seda, mida sooritati tema elustamise ajal, kui ta oli kliiniliselt surnud. Kui inimene oli surnud ja nägi skeptiliste teadlaste poolt väidetavalt ajus olevaid illusioone, mis võis olla just nagu unenägu (aju loodud üks virtuaalreaalsuse ilminguid), siis kuidas saavad unenäos juhtuda sellised sündmused, mis leiavad aset ka tegelikkuses ehk nö. ärkveloleku maailmas?

Kui nähakse unes, et kõnnitakse või lennatakse palati ruumis ringi, siis tegelikuses (ehk ärkvel olles) seda inimene siiski ei teosta. Teostus toimub sellisel juhul ainult unenäos. Inimene ei saa kuidagi näha unenäos seda, mis toimub samaaegselt tema elustamise protseduuride ajal. Antud juhul ei olegi võimalik midagi muud järeldada kui ainult seda, et inimene ei saanud viibida sellises aju loodud virtuaalreaalsuses nagu seda on unenägu, vaid inimese aju loodud virtuaalreaalsus ühtis ajaliselt ja ruumiliselt väga täpselt tegelikkusega ehk seega inimene pidi olema parajasti ärkvel ja kohal. See on psühholoogiline fakt, et inimese unenäomaailm ei ühti ajaliselt ja ruumiliselt pärismaailmaga ehk unenäos nähtav ja kuuldav ei realiseeru tegelikkuses. Järelikult inimese surmalähedased kogemused ei saa tuleneda surevas ajus toimuvatest illusioonidest, kuna need vastavad sündmustele, mis leiavad aset ka tegelikkuses. Seega teadvus ei olnud inimese kliinilise surma ajal enam ajust sõltuv ja seega ei olnud seda ka enam vaja. Ajust tuli lahkuda ehk eralduda, olla nö. lahus.

Maailmas ei ole teada mitte ühtegi sellist unenäo juhtumit, mille korral on inimene oma enda unenäos näinud kõrvalt ennast magades. Küll aga SLK-de korral on patsiendid näinud operatsiooni ajal ennast kõrvalt. Nad on saanud kõrvalt jälgida seda, kuidas arstid ja medõed tema surevat keha elustada püüavad. Kuid unenägude korral ei näe inimesed ennast kõrvalt, kuidas nad oma soojas voodis parajasti magavad. Selline aspekt unenägude juures üldse puudub.

Inimesed vahel mäletavad oma unenägusid, mida nad ööseti magades näevad, kuid enamasti seda ikkagi ei mäletata. Mäletada hiljem ärkvel olles unenäos toimunud sündmusi teeb põhimõtteliselt sama välja, mis mäletada ärkvel olles toimunud reaalseid sündmusi. Kuid unenäod kipuvad vastupidiselt reaalsetele sündmustele väga kiiresti ununema. Hilisemas elus ei mäleta inimene oma unenägudes kogetud elamusi peaaegu üldse või mäletatakse nendest väga vähe ja sedagi ähmaselt. Kuid vastupidiselt unenägudele mäletatakse surmalähedasi kogemusi aga väga selgelt ja detailselt ning veel väga kaua aega pärast nende sündmuste üleelamisi.

Raamatus „*Mõistatuslike nähtuste entsüklopeedia*“ on esitatud palju pikemalt ja põhjalikumalt uurimusi selle kohta, et kas SLK-d on tõesti inimese sureva aju viimased funktsioonid või leidub siiski tõendeid ka selle kohta, et inimese kehast väljumine ei olegi pelgalt ajust tingitud illusioon. Seal on välja toodud palju põhjalikum analüüs juhtumitest, mille korral inimesed näevad ja kuulevad asju, mil nad olid parajasti surnud. Ka käesolev teooria toetub paljuski just selle raamatu autorite esitatavatele andmetele ja analüüsile.

2.1.8.2.1 Skeptiliste teadlaste vastuväited Pam Reynoldsi juhtumile

Pam Reynoldsi kuulsat surmalähedast kogemust on surmajärgse elu tõendina esitanud paljud uurijad ja meedikud. Näiteks on seda tõendina võtnud kardioloog Michael Sabom oma raamatus “Valgus ja surm”. Sabomi sõnul toimus Pam Reynoldsi surmalähedane kogemus sellisel ajaperioodil, mil tema aju oli täielikult lakanud töötamast. See on kõige olulisem aspekt kogu juhtumi korral.

Kuid kriitikud ja skeptilised teadlased üle maailma väidavad, et Reynoldsi operatsioonile kulunud aeg on üldiselt valesti esitatud ja viitavad sellele, et tema surmalähedane kogemus tekkis üldnarkoosi ajal, kui aju oli veel elektriliselt aktiivne, see tähendab tunde enne Reynoldsi hüpotermilist südameseiskumist.

> „Hüpotermiliseks südameseiskumiseks“ nimetatakse müokardiinfarkti ehk südamelihase infarkti ehk lihtsalt infarkti, mis on põhjustatud hüpotermiast. Hüpotermia on alajahtumise seisund, mille korral on organismi kehatemperatuur langenud normaalsest madalamale temperatuurile. Näiteks inimese kehatemperatuur püsib termoregulatsiooni tõttu umbes 37 kraadi juures, kuid alajahtumine tekib kehatemperatuuri langemisel alla 35 kraadi. Hüpotermia mitte ravimise korral võib viia südamerabanduseni ehk infarktini. Südame infarkt on seisund, mille korral väheneb või katkeb südamelihase verevarustus südame veresoonte sulguse või ahenemise tõttu. See põhjustab südamelihase kärbumise ja selletõttu on normaalne südametegevus häiritud.

Näiteks anestesioloog Gerald Woerlee analüüsis juhtumit põhjalikult ja jõudis järeldusele, et Reynoldsi võime tajuda sündmusi operatsiooni ajal võis olla “anesteesiateadlikkuse” tulemus.

> „Anesteesiateadlikkus“ on teadlikkus narkoosis olemisest, mida nimetatakse meditsiinis vahel ka operatsioonisiseseks teadlikkuseks või juhuslikuks teadlikkuseks üldanesteesia ajal. See on harvaesinev komplikatsioon üldanesteesia ajaperioodil, mille korral taastavad patsiendid oma teadvuse nende kirurgiliste protseduuride ajal. Maailmas leidub patsiente, kes teatavad mitmesugustest kogemustest, alates ebamäärastest, unenäolistest olekutest kuni täieliku ärkveloleku, liikumisvõimetuse ja operatsioonist tingitud valudeni. Selle põhjuseks on tavaliselt ebapiisav tarnimine anesteetikume (sihipäraselt või juhuslikult) võrreldes patsiendi tegelikke vajadustega, mille tulemusel patsiendid ärkavad ja muutuvad teadlikuks oma kirurgiliste protseduuride ajal.

Kuna aga anesteesiateadlikkuse juhtumeid iseloomustavad ebamäärased teadvuse häired või äärmine hirm, mis on tingitud teadlikust kehatajust, millega kaasneb halvatus, ei saa anesteesiateadlikkuse hüpoteesi arvesse võtta. Reynoldsi tunnistus sisaldab selliseid väga olulisi elemente, mis on oma olemuselt märkimisväärselt selged ja eriti vabad. Näiteks tema viited mistahes kehavalule või jõuetuse puudumisele, mille on põhjustanud tema pikaaegse kirurgilise operatsiooni juhuslik füüsiline kogemus.

Anesteesiateadlikkuse hüpoteesi ei saa arvestada ka selle pärast, et Pam Reynoldsi surmalähedane kogemus toimus sellisel ajaperioodil, mil tema aju oli täielikult lakanud töötamast. See on oluline aspekt, mida tuleb arvestada.

Paljude aastate kliinilise kogemusega anestesioloog Woerlee on seda juhtumit üksikasjalikult uurinud ja tulnud järeldusele, et paranormaalsele seletusele ei ole otsest vajadust. Ta juhib tähelepanu asjaolule, et Reynolds sai oma kogemusest anda aruande alles mõnda aega pärast seda, kui ta anesteetikumist taastus, kuna ta oli teadvusele tulles veel intubeeritud. See annaks talle võimaluse seostada ja täpsustada operatsiooni ajal kogetud aistinguid oma olemasolevate teadmiste ja ootustega. Asjaolu, et ta kirjeldas operatsioonis kasutatud väikest pneumaatilist saagi, ei avalda Woerleele mingit muljet, kuna saag kõlab ja mingil määral näeb ka välja nagu hambaarstide juures kasutatavad pneumaatilised puurid.

Kuid selliseid argumente ei saa siiski tõsiselt võtta, kuna Reynolds ei kirjelda mitte ainult esemeid, mida kasutati tema operatsiooni ajal, vaid ka tegevusi (liigutusi, nende järjekordi, asendeid ruumis jne), mis sooritati tema operatsiooni ajal. Sellised tunnistused on midagi palju enamat kui lihtsalt pneumaatilise puuri või sae kirjeldamine, mida võib igaüks õpiku tarkusest pähe õppida.

Kuid sellegipoolest nõustub anestesioloogi Gerald Woerlee vaadetega ka tuntud psühholoog Chris Frenchi.

Barrow´i neuroloogia instituudi neuroteaduste juht Steven Cordova, kes oli Pam Reynoldsi operatsioonieelne tehnoloog ja kes vastutas kõlarite sisestamise eest Pam Reynoldsi kõrvadesse enne operatsiooni, andis 2006. aastal Michael Sabomile isikliku tunnistuse, milles ta selgitas, et kõlarid olid vormitud igasse väliskuulmekäiku ja need kinnitati veel teibi ja marli hunnikutega, et

sulgeda kõrvaklapp kindlalt kuulmekäiku. Oma vastuolulise 2011. aasta artikli lisa osas, mis esitab väljakutse Reynoldsi surmalähedase kogemuse ellujäämistõlgendustele, annab Woerlee lugejatele juhised, kuidas luua uuesti sellised kuulmistingimused, milles Pam Reynolds suutis registreerida oma operatsioonisaalis esinevaid helisid. Kuid Woerlee märgib oma skeptilistes artiklites ainult polsterdatud kõrvaklappide või lihtsalt kõrvaklappide kasutamist ja jätab mainimata, et Reynoldsi kõrvaklappidele kinnitati veel ohtralt teipi ja marlit.

Tänaseks võib kindlalt väita, et üldine teaduslik konsensus surmalähedaste nähtuste uurijate seas on selline, et Pam Reynoldsi registreeritud surmalähedane kogemus kujutab endast tõsist probleemi materialistliku maailmavaate jaoks. Tunnustatud anestesioloogi Woerlee katse seda materialistlikult seletada ei saa olla objektiivselt ainuõige tõlgendusviis, kuna ta ei suuda nähtuse kõiki aspekte täielikult arvesse võtta.

2.1.8.2.2 Kontakt maavälise tsivilisatsiooniga

Surmalähedaste kogemuste korral esineb meditsiiniline probleem, mille korral puudub korralik ja kõiki aspekte arvestav kehast väljumise loodusteaduslik seletus. Peale selle esineb ka veel selline aspekt, et kui suudetakse tõepoolest mingisugusel kujul tõestada SLK-de fenomeni tegelikku eksisteerimist, siis põhimõtteliselt oleks tõestatud ka inimese elu jätkumine pärast (aju)surma. Kuid see tähendab ka seda, et kõik surnud inimesed, kes kunagi on Maal elanud, peavad „kuskil“ veel kehavälises olekus elama. Selle kohta tekkivad küsimused seisnevad selles, et miks need minevikus “surnud inimesed” siis meiega (ehk elavate inimestega) kontakti ei võta ja millises maailmas nad kõik siis parajasti ka elavad? Võib olla nad ongi meiega kontakteerunud, kuid sellisel viisil, mida me pole osanud oodata.

Nendega (s.t. kehast väljunud inimestega) võivad suhelda näiteks selgeltnägijad ja igasugused muud sensitiivid, kes väidetavalt saavad „surnutelt“ sellist informatsiooni, mida pole võimalik mitte mingisuguste muude maiste vahenditega teada saada. Sellised „erilised inimesed“ ka ise väidavad, et mingite kindlate situatsioonide või nähtuste kohta annavad neile informatsiooni surnute inimeste „hinged“ ehk kehast väljunud inimesed, kelle „füüsilised“ kehad võivad juba ammu surnud olla. Näiteks siinkohal tasub märkida seda, et SLK-de juhtumite korral nähaksegi väga sageli inimeste surnuid sugulasi ja tuttavaid.

SLK-de korral ei ole tegemist ainult inimese teadvuse eraldumisega bioloogilisest kehast, sest peale surnud tuttavate ja sugulaste nähakse ka mingisugust tunnelit, mida vahel nimetatakse ka „*sissekäiguks*“. Võib kindlalt oletada, et need on tõenäoliselt aegruumi tunnelid ehk ussiurked, mida kirjeldaksid ka Albert Einsteini üldrelatiivsusteooria võrrandid. Selliste tunnelite olemasolu kirjeldab ka ajas rändamise füüsikateooria. Need aegruumi tunnelid vahendavad füüsiliste kehade teleportatsiooni ajas ja ruumis. Kui neid SLK-de korral tõepoolest nähakse, siis SLK fenomeni tõestamise korral oleks tõendust leidnud ka nende tunnelite olemasolu. Võib oletada, et need aegruumi tunnelid viivad Maalt kehast väljunud inimesi ehk surnuid inimesi kusagile kaugele eemale, sest aegruumi tunneleid kasutatakse ainult väga kaugeid vahemaid läbides. Näiteks ulmekirjanduses kasutatakse neid galaktikate vahelisteks rändudeks. Kõigest sellest võibki järeldada seda, et inimene võib pärast surma sattuda maavälisesse tsivilisatsiooni.

Eespool esitatud järeldused ja väited kehtiksid ainult siis, kui suudetakse SLK fenomeni olemasolu tõestada. Kuid selline avastus viiks suure tõenäosusega inimkonna kultuuri šokki, sest taoline avastus lükkaks ümber peaaegu kogu tänapäevase teadusliku maailmapildi. Kui suudetakse teaduslikult tõestada SLK-de eksisteerimine, siis on võimalik teha väga tõsiseid ja kindlaid järeldusi ka maaväliste tsivilisatsioonide olemasolu kohta, mille korral võib väita, et maaväline mõistuslik elu eksisteerib sellise vormina, mida me mõistaksime kehast väljunud olekuna.

Kuid tõeline probleem seisnebki tegelikult selles, et miks need katsed, mis tõestaksid SLK-de

olemasolu, kuidagi ei õnnestu? Kaasaaegse teaduse üheks suurimaks eelduseks on see, et ta peab põhinema empiirilistel (s.t. kogemuslikel) andmetel ja selleks saab olla ainult inimese enda loodud eksperiment. Kuid selline teaduse suurim eeldus muutubki SLK-de uurimisel suurimaks komistuskiviks, sest kui ei leita nähtuse empiirilist tõestus, siis teadus ei tunnista selle nähtuse olemasolu. Kuid siinkohal tasub arvestada ühte väga spetsiifilist aspekti. Näiteks maaväline tsivilisatsioon (seal hulgas ka surnud inimesed) võivad teadlikult enda kasuks ära kasutada Maa inimeste poolt loodud teadusliku maailmapildi toimimise rangeid reegleid. See tähendab seda, et suure tõenäosusega soovivadki maavälised tsivilisatsioonid seda, et nende olemasolu jääks ainult usulisele tasemele, mitte ei jääks aga teadusliku faktina. SLK fenomeni olemasolu kindlaks tegemise teaduslik katse seisneks selles, et tuleb küsida pärast ärkamist patsiendi käest mingisuguse peidetud objekti kohta, mis oli tema kliinilise surma ajal kohas, kust patsient oma voodist seda näha ei saanud. Seda ilmselt ei olegi põhimõtteliselt võimalik sooritada, sest maavälised tsivilisatsioonid lihtsalt ei sooviks seda. Vastasel korral oleks kogu meie maailmapilt ääretult “rikutud”, mis põhjustaks ka tulnukate tulemise Maale, sest siis ei oleks neil enam põhjust meie eest varjata.

2.2 Inimese kehast väljumise füüsikateooria loodusteaduslik käsitlus

2.2.1 Sissejuhatuseks

Vaimud, hinged, valgusolendid (keda mõnikord kutsutakse ka ingliteks), kummitused, poltergeistid, deemonid (keda uurivad demonoloogid) – kõikide nende mõistete taga eksisteerib tegelikult üks nähtus, mida me mõistame kehast väljumisena. See tähendab seda, et eespool loetletutest võivad tegelikult olla kehast väljunud surnud inimesed (või kehast väljunud tulnukad ehk maavälised mõistusega eluvormid) nagu me näeme seda surmalähedaste kogemuste ehk SLK-de korral. Näiteks need „olendid“, keda me nimetame vaimudeks või kummitusteks, on väga tõenäoliselt kehast väljunud inimesed või tulnukad, kelle bioloogilised kehad on surnud. Antud teoses (s.t. inimese kehast väljumise füüsikateoorias) mõistame kehast väljunud mistahes eluvormi valgusolendina.

Meditsiinis on läbi aegade vaieldud selle üle, et kas SLK on põhjustatud inimese sureva aju viimastest funktsioonidest või on tegemist tõepoolest reaalsete nähtustega. Kas inimese kehast väljumine on reaalne või siiski ajuillusioon on tegelikult võtmeküsimus olnud kogu aeg. Antud käsitletav inimese kehast väljumise füüsikateooria näitab veenvalt, et inimese kehast väljumine ei ole tegelikult vastuolus füüsika seadustega, vaid hoopis vastupidi. See tähendab seda, et isegi kui kõik SLK kogemused osutuvad tõepoolest inimese ajuillusioonideks, siis sellest hoolimata on võimalik füüsika seadustega veenvalt näidata, et inimese kehast väljumine on füüsikaliselt täiesti võimalik. Võib väita isegi nii, et kehast väljumine pole mitte ainult võimalik, vaid füüsika areng näitab selle kindlat tulenemist elektromagnetismi ja aegruumi füüsikast. Sarnane olukord oli ka ajas rändamisega, mille korral ei usutud selle loomise võimalikusesse, kuid samas objektiivselt analüüsides ei olnud ajas rändamine vastuolus ka füüsika seadustega, vaid hoopis vastupidi – füüsika seadused (nagu näiteks relatiivsusteooria ja kvantmehaanika) hoopis vihjasid selle loomise võimalikusesse. Selles seisnebki kehast väljumise „sõltumatuse printsiip“:

> „Isegi siis, kui me ei usu inimeste surmalähedaste kogemuste reaalsesse võimalikkusesse ja peame jätkuvalt neid ajuillusioonideks, viib sellest hoolimata füüsika üldine areng objektiivselt ikkagi selle reaalse loomise mõistmiseni.“

Võib öelda, et esineb kahte liiki kehast väljumisi. Inimene võib oma kehast väljuda ka reaalselt, kuid mõnikord võib aju ka seda lihtsalt jäljendada ehk luua illusiooni tundest, et ollakse oma kehast väljas. Just seda viimast on kõige rohkem eksperimentaalselt uuritud. Näiteks ajukirurg Robert Spetzler, neuroloogia professor Jimo Borjigin, Genfi Ülikooli haigla arst Olaf Blanke ja USA Kentucky Ülikooli neuroloogia professor Kevin Nelson on eksperimentaalselt uurinud inimese kehast väljumist – õigemini ajuillusiooni keha välisest kogemusest. Tähelepanuväärne on see, et need nimetatud kuulsad ja austatud teadlased ise siiralt usuvad, et inimese kehast väljumine on tegelikult ajuillusioon ja et nende empiirilised uuringud ning katsed seda ka tõendavad. Kuid objektiivselt analüüsides ja tõlgendades nende teostatud uurimusi (laskumata sealjuures äärmisesse usku või skeptismi) tuleb siiski tõdeda, et nende lugupeetud teadlaste poolt tehtud katsed ei näita mitte midagi muud kui ainult seda, et inimese aju on suuteline looma illusiooni keha välisest kogemusest. Ja kõik. Inimese aju suudab kõike jäljendada, kuid see ei tähenda veel seda, et inimese reaalne kehast väljumine oleks täielikult välistatud või füüsikaliselt võimatu. Nende nimekate teadlaste poolt loodud uurimused ei näita tegelikult mitte midagi inimese reaalse kehast väljumise kohta, vaid selle asemel uuritakse ja kogutakse tõendeid aju loodud illusioonist, mille sisuks on inimese kehaväline kogemus. Tuleb teha selget vahet, et mis on ajuillusioon ja mis mitte. Selles mõttes liigitubki inimese kehaväline kogemus kaheks: reaalseks ja illusionaarseks kogemuseks.

> Näiteks 2014. aasta kevadkursuse Ottawa Ülikooli üks psühholoogia tudeng on enda väitel võimeline mõttejõul „väljuma“ oma kehast. Kehast väljas olles näeb ta iseennast hõljudes õhus oma enda keha kohal. Ta „näeb“ ka oma keha liigutusi, kuid tegelikult ta lamav keha ei liigu. Tudeng on võimeline looma endale virtuaaltunnetust oma keha liikumisest, kuigi keha tegelikult ei liigu. Tal on väga suur keskendumisvõime tunnetamaks enda keha liikumist. Ta ei näe iseennast olevat enda keha kohal. Tudeng tajub oma keha tegelikust asukohast ruumis kõrgemal olevat. Reaalset kehast väljumist tegelikult ei eksisteerinud. Tomograafiliste ülesvõtete analüüsist ja tema küsitlustest selgus, et tema nö. „mõttelise kehast väljumise“ ajal ilmnes hallutsinatsioonidega seotud ajupiirkonnas tugev aktiivsus. Eriti väikeajus esinenud suur aktiivsus annab tunnistust tudengi „virtuaalse kehast väljumise“ ajal tajutud keha virtuaalsetest liikumistest. Ka tegevuse seiramisega seotud ajupiirkonnad (nagu näiteks orbitaal-eeskäärude keskmine, vasakpoolne ja kõrgem osa) olid aktiveerunud. Katsealuse tervis oli hea ja ajus ei esinenud mingeid hälbeid ehkki oli ta võimeline endale looma kinesteetilisi nägemusi ja motoorset liikumist peegeldavaid kujutluspilte.

Kuid inimese reaalne kehast väljumine on ajas rändamise erijuht. Ajas rändamise korral teleportreerub inimene ajas või ruumis siis, kui inimese keha satub kinnise aegruumi lõkspinna sisse. Kinnine lõkspind tekib siis, kui inimese keha kogu pindala eksisteerib muutuvas väljas ehk muutuvas elektromagnetväljas. Sellisel juhul tekib ümber inimese keha kinnine lõkspind, mis võimaldab liikuda hyperruumis ja seega ajas. Kuid kehast väljumine on inimese ajas rändamise erijuht selles mõttes, et hyperruumi ehk väljapoole aegruumi satub mitte inimene ise, vaid inimese närvisüsteemis eksisteerivad väljad. Kuna närvisüsteemis esinevad samuti muutuvad väljad, siis tekib inimese elektrilises närvisüsteemis lahtine aegruumi lõkspind, mis on seotud väljade eraldumistega hyperruumi. Kuid väljade eraldumine inimese närvisüsteemist toimub nõnda, et eralduvad väljad jäävad hyperruumi lõksu nii nagu valguslaine ei pääse musta augu tsentrist välja. Sellisel juhul valgus ei haju ega kao, mis põhjustabki inimese teadvuse ja psüühika jätkumist eraldunud väljade süsteemis. Inimese kehast väljumise võimalust tõestaks veenvalt inimese reaalne ajas rändamise katse. Inimese ajas rändamise füüsikast on põhjalikumalt kirjeldatud Maailmataju ajas rändamise osas ja seetõttu ei hakka me seda siin enam pikalt kordama.

> Inimese kehast väljumise füüsika mõistmise fundamentaalseks aluseks on kahtlemata ajas rändamise füüsikateooria. See tähendab ka seda, et ajas rändamise füüsikateooriast on võimalik tuletada inimese kehast väljumise füüsikateooria. Inimese kehast väljumist ei saa mõista ilma ajas rändamise füüsikata. Inimese kehast väljumine on ajas rändamise erijuht. Enne kui mõista inimese kehast väljumise füüsikat tuleb kõigepealt tundma õppida inimese ajas rändamise füüsikat.

Elektrinähtuste mõistmisel ei näita nähtuse olemust mitte laengud või osakesed ise, vaid ruum (s.t. väli), mis eksisteerib laengute ja osakeste vahel. Inimese teadvuse ja psüühika materiaalseks eksisteerimise vormiks on elektriväljad, mida tekitavad ajus olevad tuhanded neuronid. Inimese teadvus ja psüühika baseeruvad neuronite elektriväljade konfiguratsioonidel ja omakorda nende kombinatsioonidel. See tähendab seda, et inimese teadvuse ja psüühika eksisteerimiseks on vaja elektriväljade olemasolu, mille tekitajateks on ajus olevad tuhanded neuronid.

> Näiteks kui neuroneid ajus ei oleks, kuid kõikide kadunud neuronite väljad eksisteeriksid ja funktsioneeriksid täpselt samamoodi edasi, siis tõenäoliselt jääks kestma ka inimese teadvus (psüühika).

Inimese kehast väljudes on teadvuse ja psüühika tekitajaks valgus (ehk elektromagnetlained), milles esinevad samuti elektriväljad.

> Inimese kehast väljumise füüsikateooria põhiliseks uurimussuunaks ongi see, et kuidas tekib inimese teadvus valgusest ehk kuidas valgus tekitab inimese teadvuse.

Suurim ja põhjapanevaim erinevus inimese ajus ja kehast väljunud olekus oleva teadvuse vahel on see, et ajus eksisteerivad paigal seisvad väljad (sest neuronid ajus üksteise suhtes ei liigu), kuid kehast väljunud olekus baseerub teadvus liikuvatel väljadel (valguslaine ei saa ruumis olla paigal). Inimese kehast väljumise füüsikateooria põhineb järgmisel kolmel väga tugeval printsiibil:

1. SLK-d näitavad, et inimene on võimeline eksisteerima ilma bioloogilise kehata. See tähendab seda, et teadvus ja psüühika, mida ajus loovad oma laenglemistega tuhanded neuronid, eksisteerib materiaalselt elektromagnetväljana. Inimese (kliinilise ja/või bioloogilise) surma ajal eralduvad inimese närvisüsteemist füüsikalised väljad.

2. Väljade eraldumist inimese närvisüsteemist võimaldab ajas rändamise füüsika. See tähendab seda, et kehast väljumine on inimese ajas rändamise üks erijuhte. Sellisel erijuhul ei rända ajas mitte inimene ise, vaid inimese sees (ehk närvisüsteemis, kus eksisteerib elektrilaengute polarisatsioon) olevad väljad ehk ajas rändab seisumassita väli (footonid), mitte seisumassiga keha (inimene).

3. Väljade süsteemis puuduvad „elektrilise impulsi“ olemasoluks vajalikud neuronaalsed struktuurid ja väljade ruumilised ulatused on võrreldes neuronite laengute väljadega palju lokaalsemad, mistõttu ei saa väljad üksteisega otsest kontakti luua nii nagu seda teevad neuronite laengute väljad inimese ajus. Kuid sellest hoolimata (aegruumi eksisteerimise lakkamise tõttu) toimub väljade omavaheline kommunikeerumine, mille tulemusena tekib ka väljade konfiguratsioon. See tähendab seda, et sellises väljade süsteemis toimub väljade omavaheline kommunikeerumine ja väljade konfiguratsiooni (teadvuse) tekkimine palju abstraktsemalt kui seda näiteks inimese ajus olevate neuronite korral.

Kõik teised aspektid, mis on seotud inimese kehast väljumisega, tulenevad nendest samadest printsiipidest ja nende kombinatsioonidest. Inimese kehast väljumise füüsikateooria põhineb arusaamadel, mille kohta on võimalik esitada kolm põhiküsimust:

1. Mis eraldub inimese kehast?
2. Kuidas „see“ eraldub inimese kehast?
3. Kuidas funktsioneerib (eksisteerib) inimene kehast väljunud olekus?

Kuna inimese kehast väljumine põhineb füüsikaliste väljade eraldumisel närvisüsteemist, siis seega saab sellest hoolimata väita, et ideed ja materiaalne maailm ei saa olla üksteisest lahus. Viimast väidab ka teaduslikult tunnustatud psühholoogia teadus. Väli on mateeria üks vormidest ning aeg ja ruum on mateeria eksisteerimise vormid. Selles mõttes võibki väita, et teadvus ja psüühika ei saa eksisteerida mateeriast eraldi, omaette eksisteerivatena, kuna väljad (näiteks valgus ja muud elektromagnetväljad) on samuti mateeria osa. Kuid kehast väljumise füüsikateooria näitab, et teadvus ja psüühika on võimeline eksisteerima ajust eraldi. See tähendab seda, et teadvus ja psüühika ei saa olla lahus mateeriast, küll aga saab olla lahus inimese närvisüsteemist. See on väga oluline erinevus, mida näitab inimese kehast väljumise füüsikateooria.

Eespool me kirjutasime, et nüüdisaegne psühholoogia teadus on veendunud, et teadvus ja psüühika ei eksisteeri ilma ajuta. Inimese psüühika materiaalseks aluseks on inimese ajus esinev närvitalitlus. Selle järgi võib öelda, et psüühika on aju funktsioon. Psüühiline tegevus tuleneb füsioloogilisest talitlusest inimese ajus. Sellised arusaamad on kogu teadusmaailmas üldtunnustatud. Kuid kehast väljumise füüsikateooria näitab üsna veenvalt, et teadvus ja psüühika ei saa olla lahus mateeriast, küll aga saab olla lahus inimese närvisüsteemist (näiteks ajust).

2.2.2 Teadvuse mõiste, asukoht ja virtuaalne tegelikkus

Teadvus on kõige üldisemas mõttes kui teadlikkus ehk teadlik olemine nii iseendast kui ka ümbritsevast maailmast. Seda võib lihtsustatult nimetada teadlikkuse subjektiivseks seisundiks. Teadvus on tajude, mõtete ja tunnete omamine. Teadvus on ka võime olla teadlik iseendast ja oma subjektiivse mina kaudu mõista ümbritsevat maailma. Teadvus on selektiivne ja tõlgendav, mille aluseks on tähelepanu ja mälu psüühilised protsessid. Teadvus sõltub tähelepanulistest ootustest ja huvidest. Dialektilise materialismi järgi on teadvus mateeria kõrgeim saadus, millel on võime peegeldada maailma. Teadvus integreerib erinevaid elemente erinevateks objektideks. Inimese teadvust samastatakse inimese hingega. Teadvus on liitnähtus. Subjekti jaoks on teadvuselamus sidus ja katkematu tervik. Teadvuslik seisund evib kvalitatiivset sisu.

Thomas Nageli seisukoha järgi oma artikklis „Mis tunne on olla nahkhiir?“ saame teadvust täielikult mõista ainult siis, kui suudame vastata küsimusele, et mis tunne on olla mingi organism.

Ned Block jaotas inimese individuaalse teadvuse kolmeks: fenomeniliseks teadvuseks (mis on otseselt seotud kvaalidega) ehk teadvustatud kogemuse fenomeniliseks küljeks nimetatakse teadvuse sisu kvalitatiivsust, juurdepääsuteadvuseks (mis on seotud tunnetuse ja käitumise mõistusliku kontrolliga) ja eneseteadvuseks.

Aju on väga keeruline süsteem. Ja selles süsteemis tekib teadvus. Aju süsteemis esineb mehhanism, mis kujundab välja teadvuse. Kõik teised süsteemid või mehhanismid ajus suudavad mõjutada teadvuse mehhanismi. Üsna sageli mõjutavad teised ajus olevad süsteemid ja mehhanismid teadvuse mehhanismi. See tähendab seda, et ajus eksisteerib eraldiseisev (omaette olev) teadvuse mehhanism, mida siis teised mehhanismid ajus erineval viisil mõjutavad. Näiteks prefrontaalses korteksis toimuvad muutused (näiteks transkraniaalne magnetstimulatsioon ehk TMS) mõjutab visuaalset teadvuselamust. Teadvuselamust saavad mõjutada paljud aju töötlusprotsessid nagu näiteks metakognitiivsed ajuprotsessid. Näiteks visuaalses korteksis võnkuv aktiivsus, mis eelneb eesmärkobjektile, võib ära määrata selle, et kas stiimul teadvustub või mitte. See tähendab seda, et stiimulid vahel teadvustuvad, vahel aga mitte. Ka tähelepanu ja teadvus on

omavahel väga tihedalt seotud, kuid need ei ole oma olemuselt siiski üks ja sama nagu varem on seda arvatud.

Elusorganismi närvisüsteemi kolm peamist ülesannet (funktsiooni) on juhtida organismi elutegevust, informatsiooni töötlemine ajus ja ajus oleva virtuaalse reaalsuse (teadvuse) loomine. Viimane tähendab seda, et aju loob ümbritseva maailma kohta virtuaalse tegelikkuse, mis on tihedalt seotud ka teadvuse tekkimisega ajus. Aju loodud virtuaalreaalsuse ja teadvuse vahelise seose üks selgemaid ilminguid on näiteks inimese unenäod. Näiteks kui inimene näeb magades und, siis ta on ju teadvusel. See tähendab seda, et aju kui süsteem loob teadvuse infost, mis ajus parajasti olemas on. Ajus olev informatsioon moodustab teadvuse. Aju loodud virtuaalreaalsus (millega kaasneb teadvus) ei moodustu välismaailmast, vaid hoopiski ajus olevast informatsioonist. Kuid info ise tuleb mõistagi välismaailmast.

Inimese silma võrkkestal on ümbritsev maailm kahemõõtmeline, kuid inimene tajub maailma ikkagi kolmedimensioonilisena. Nägemisteabe töötlemisega on seotud umbes kolmandik inimajust. Nähtav ümbritsev maailm ei ole reaalne ehk objektiivne, vaid on tegelikult meie aju loodud virtuaalne tegelikkus ehk virtuaalne tõlgendus reaalsest objektiivsest maailmast. Sellist asjaolu tõestavad inimese ajuga tehtavad illusionaarsed katsed, mille korral näidatakse subjektile erinevaid visuaalseid illusioone. Näiteks nii Ponzo illusiooni kui ka Müller-Lyeri illusiooni korral on selgesti tajutav seda, et ülemine joon on pikem kui alumine joon. Kuid objektiivselt on mõlemad jooned tegelikult ühepikkused. Sellisel juhul tajub inimene pildi peal nähtavat visuaali objektiivsest kujutisest veidi erinevat kompositsiooni. See tähendab seda, et inimese aju tõlgendab ümbritsevat reaalsust pisut teisiti kui see objektiivselt on. Selline asjaolu näitabki seda, et nähtav maailm on aju loodud virtuaalne tõlgendus ümbritsevast reaalsest maailmast.

Inimese eelnev kogemus mõjutab tema taju ja käitumist. See tähendab, et tajuprotsessid moonutavad ümbritsevas maailmas toimuvat ehk toimub ümbritseva maailma mitte üks-ühele kujutamine. Mälujäljed on ajas muutuvad. Meenutamine (ehk mäletamine) on oma olemuselt mälujälje ülekirjutamine. See tähendab, et inimese taju on otseselt mõjutatud mäluprotsesside poolt. Tajuliseks töötluseks kasutatavatesse neuronite võrgustikesse on talletatud inimese erinevad mälusisud. Inimese mälusisud on talletatud neuronite omavaheliste ühenduste täpsesse mustrisse. Näiteks igasugune korteksisse jõudev sisend puutub kokku ka mälusisudega, sest eelnevaid kogemusi ja erinevaid mälusisusid kannavad endas neuronite vahelised ühendusteed, mida mööda sisendinfo liikuma hakkab. Inimese mälul ehk eelneval kogemusel põhineb ka aju ennustamine.

Aju muudab sisendit vastavalt maailmapildile või maailmamudelile, mis oli juba enne selle sisendit ajus olemas. Seega ei ole tegelikult aju passiivne info vastuvõtja. Näiteks ühe ja sama kunstiteose nägemise korral näevad erinevad inimesed seda erinevalt, sest nende inimeste maailmamudelid on lihtsalt erinevad. Erinevatel ajudel on erinevad maailmamudelid ja sellest tulenevalt ka erinevad arvamused.

Isegi kõige lihtsamad igapäevatoimetused põhinevad kümnete aastate pikkustel kogemustel inimeste, maailma ja objektidega. See tähendab seda, et peaaegu kõik inimese teadmisel ja oskusel on elu jooksul õpitud. Inimesed ei sünni teadmisega, mis maailmas toimub või milline see maailm üldse on, vaid maailmamudel luuakse ajus pärast sündimist elu kogemuste põhjal. Inimesed saavad tavaolukordades väga lihtsasti hakkama, kuna meie ümbritsev maailm on laias laastus kogu aeg samasugune.

2.2.3 Aju lähitsooni ehk kvaasistatsionaarsed väljad

Tekib küsimus, et kui teadvus tekib elektrilises süsteemis, siis mis eristab teadvuseta süsteemist teadvusega süsteemist. Näiteks teadvus tekib inimese ajus, kus eksisteerivad laenglevad neuronid ehk elektriliselt laetud kehad, kuid samas võivad elektriliselt laetud kehade süsteemid olla ka

tahketes kehades või isegi äikesepilves. Miks on nii, et just ajus olevas elektrilises süsteemis tekib teadvus, kuid teistes elektrisüsteemides seda ilmselt ei teki? Lahendus seisneb selles, et mille poolest erineb teadvusega süsteem teadvuseta süsteemist. Näiteks inimese ajus olevas elektrilises süsteemis tekivad ja kaovad elektriliselt laetud kehad ajas ja ruumis perioodiliselt (sest neuronite laenglemine toimub ajas ja ruumis perioodiliselt). Ajus olevate elektrilaengute vahel esinevad enamasti elektrilised tõukejõud, sest kõik neuronid on laetud samamärgiliselt. Kuid näiteks tahkes kehas, mis on elektriliselt neutraalne, on kõik aatomid laetud ehk esinevad ioonid, mille vahel on kovalentsed sidemed (s.t. keemilised sidemed). Iga ioon on vastastikmõjus vastandmärgilise iooniga. Seetõttu ongi tahke keha enamasti elektriliselt neutraalne, sest see koosneb sama palju ühe- ja erimärgilistest laengutest ehk ioonidest ja need on ruumiliselt jaotunud nii, et iga laeng on vastasmõjus vastandmärgilise laenguga. Need erinevused on aga väikesed ja tegelikult ebapiisavad seletamaks erinevust teadvuse süsteemist teadvusetu süsteemist. Kõige suurem ja olulisim erinevus ilmselt seisneb selles, et teadvusega süsteem on pidevas sisemises muutumises keskkonna interaktsiooni tõttu, kuid samas teadvuseta süsteem on ajas pigem muutumatu ja keskkonnaga interaktsiooni enamasti ei teki. Näiteks inimese teadvussisu on ajas pidevalt muutuv, ja isegi siis kui ta oma toas päev läbi ringi kõnnib. Teadvussisu pidev muutumine avaldub ajus elektriliselt laetud ajupiirkondade aktiivsuste pidevas muutumises, sest need on vahetult seotud (sõltuvuses) keskkonnast tulenevate stiimulitega, mis on omakorda samuti pidevas muutumises. Ja tegelikult see ongi oluliseim ja suurim erinevus kahe elektrilise süsteemi vahel, milles ühes tekib teadvus ja teises aga ei teki mitte kunagi. Põhjus seisnebki selles, et elektriline süsteem (s.t. elektriliselt laetud kehade vaheline resultantväli), milles tekib teadvus, on pidevas muutumises ajas ja ruumis, sest see süsteem on interaktsioonis keskkonnaga, mis samuti detailides pidevalt muutub. See tähendab seda, et on olemas kaks poolt – elektriline süsteem ja keskkond, mille ühe muutus põhjustab teise muutumise ning selline muutumine on alati omavahel vastastikune.

Neuronite (ja neuronipopulatsioonide) aktiivsused on seotud närviimpulsside liikumistega närvikoes. Näiteks kui impulss saabub neuronisse (neuronipopulatsiooni), siis muutub neuronipopulatsioon aktiivseks. See tähendab seda, et mingi ajupiirkonna aktiivsus tähendab (info) impulsside vastuvõtmist, töötlemist või edasi saatmist. Seda sellepärast, et neuronite aktivatsioon ja impulside liikumine ajus on omavahel väga tihedalt seotud. Membraanipotsentsiaali ja aktsioonipotentsiaalide vahel on väga tugev seos, kuid membraanipotentsiaalis võib esineda palju muutusi, mis aktsioonipotentsiaalides ei kajastu. Neuron või neuronite populatsioon aktiveerub alati siis, kui neile saabub impulss (nad võtavad impulsse vastu) või siis, kui nad ise saadavad impulsi mõnele teisele neuronile. Neuronite süsteemide aktiivsuste suurenemist või vähenemist mõistetakse närviimpulsside sageduse muutumisena. Aktiivsustel võivad olla ajalised mustrid ja rütmid.

Kui mingisugune ajupiirkond elektriliselt aktiveerub, siis seda piirkonda tabab hapnikurikas veri. See tähendab seda, et mingisuguse ajupiirkonna aktiivsuse taga on ajurakkude hapnikutarbimine. Vere magnetilised omadused sõltuvad vere hapnikusisaldusest. Aktiivsetesse ajupiirkondadesse tulvab hapnikurikas veri. Seetõttu näitavad vere magnetilised omadused ajupiirkondade aktiivsuse ja ainevahetuse erinevusi.

Kui närviimpulss suubub neuronisse, siis see ka neuronist väljub. Impulsid on ajus pidevas liikumises. Impulss, mis väljub neuronist, on teistsugune (oma informatsiooni poolest) impulsist, mis suubus neuronisse. Impulss kannab endas informatsiooni. Järelikult neuronid (neuronipopulatsioonid) muudavad infot, mis levivad ajus impulssidena. Kuid neuronid ka talletavad informatsiooni.

Inimese ajus liiguvad ringi miljardid närviimpulsid. Elektriimpulss liigub ajus kiirusega umbes 360 km/h. Need impulsid ei liigu ajus ringi suvaliselt, vaid mööda kindlaid trajektoore. Näiteks visuaalne informatsioon (ehk impulsid) jõuab silmast ajju esmasesse visuaalsesse korteksisse just läbi talamuse lateraalse põlvkeha. Kuid edasi läheb info juba kõrgematesse visuaalsetesse keskustesse. Uuringutest on selgunud tõsiasi, et kui ühe ajupoolkera esmane visuaalne korteks saab kahjustatud, siis sellisel juhul jõuab info (ehk impulsid) talamuse lateraalse põlvkehalt otse kõrgematesse visuaalsetesse keskustesse. Kuid mis trajektoore kõik need aju impulsid siiski liiguvad, see tulebki tulevikus eksperimentaalselt kaardistada. Seda veel lõpuni ei teata. Kui aga teatakse kõikide ajus olevate impulsside liikumiste trajektoore, siis ilmselt annab see teada ka

sellest, et kuidas aju põhimõtteliselt töötab.

Suur osa sensoorsetest signaalidest (ehk impulsid) läbivad taalamuse piirkonna. Edasi hakkavad neid signaale töötlema aju kõrgemad keskused (näiteks ajukoor). Taalamus on seega kontrollkeskus ja võimalik sõlmimisala (impulsside koondumise piirkond). Kuid taalamusse tulevad impulsid ajukoorest tagasi (tagasi-sidestatud süsteem). Selle kaudu töödeltakse inimese tunnetusprotsesse ja käitumist (mis sõltub inimese seisundist, tähelepanust, huvidest ja eesmärkidest). Seega ajus liikuvad impulsid hajuvad ja koonduvad ning siis jälle hajuvad ja koonduvad jne jne. See tähendab seda, et ajus liiguvad impulsid „ringi-ratast“. Kui aga taalamuse intralaminaarsete tuumade ühendused ajukoorega on kahjustada saanud, kaotab inimene enamasti teadvuse.

Impulsside liikumist ja levimist aju neuronipopulatsioonides mõjutavad ka neuronite omavahelised sünaptilised ühendused. Kuid sünaptiliste ühendustega juhtuvad inimese sügava une ajal kummalised ilmingud. Näiteks Tononi ja Cirelli tõestasid, et kui inimene magab sügavat und, siis väheneb ühtlaselt tal ajus olevad sünaptilised ühendused. See aitab võimaldada vähendada energiatarbimist ja samas ka mälusisud salvestuvad paremini. See tähendab ka seda, et ärkvelolekus suureneb ajus sünapsite ühendused (ehk seepärast inimese ajukoores suurenebki erutatavus, kui nad on üsna pikalt ärkvel - samuti ka unedeprivatsiooni tõttu), kuid sügava une ajal vähenevad ühtlaselt need sünapsite ühendused. Need kaks eri tahku kompenseerivad üksteist. Kui inimese une ajal vähenevad ajus olevate neuronite sünaptilised ühendused, siis järelikult ei saa impulsid ajus enam nii vabalt liikuda. Seda võimaldavad sünaptilised ühendused on tohutult vähenenud.

Tihedate rakkudevaheliste ühenduste kaudu suhtlevad mõned neuronid elektriliselt. See tähendab seda, et inimese närvisüsteemis oleva informatsiooni keemiline edastamine ei ole alati sünaptiline. Näiteks tuumad, mis paiknevad ajutüves, kontrollivad eesajus olevaid suuri piirkondi pikkade aksonitega, mille kulgemise teel vabastatakse virgatsaineid. Need neurotransmitterid valguvad aju koes laiali, mis põhjustab kõikide ettejäävate neuronite erutumise, kui nendel neuronitel on seda virgatsainete vastuvõtvad retseptorid. See on hämmastav mehhanism, sest piisab ainult ühe neuroni tegevuspotentsiaali vallandumisest, et aktiveerida väga kiiresti ajukoore neuroneid otsmikusagarast kuni kuklasagarani välja. Kindlaks on tehtud, et selline neuromehhanism on seotud püsiva tähelepanu säilimisega ja tähelepanufookuse vahetamisega.

2.2.4 Teadvuse neurokorrelaadid

Inimese teadvusseisund tekib siis, kui aju on ergastatud üldiselt, mida kontrollivad aju koore-alused mehhanismid. See tähendab seda, et teadvusseisund ei ole lokaliseerunud mingisse kindlasse ajupiirkonda, vaid see on seotud aju üldise aktiivsusega, mis on mõõdetav aju erinevatest piirkondadest. Kui kortikaalse omaduste sõlmimise aktiivsus ei ole seotud mittespetsiifilise talamokortikaalse süsteemiga, siis toimub see teadvusväliselt. Selles süsteemis tekkivad aktiivsused levivad üle kogu aju. Väikeajus tekkivad aktiivsused jäävad aga lokaalseks. Need ei levi üle terve aju. Ka korteksis olevate neuronite aktiivsuslaine levi on inimese üldnarkoosi ja sügava une ajal selgelt piiratum ja kestavad vähem aega kui teadvusseisundi korral. Ilmnevad väga vähe aktiivsuslaineid. Kuid seevastu inimese REM-unes esinevad aju aktiivsusmustrid sarnanevad ärkvelolekus olevale ajule. NREM-une ajal on aju aktiivsusmustrid aga palju lokaalsemad ja need kestavad väikest aega. Üldised uuringud on näidanud seda, et teadvusseisundi korral püsib aktiivsus kauem ja see levib üle terve aju. Kõik see tähendab seda, et teadvusseisundi ajal esineb ajus globaalselt koordineeritud aktiivsus. See võimaldab muidugi sõlmida erinevaid lokaalseid ajuaktiivsusi. Teadvustatud kogemus on ju enamasti ühtne. Aju globaalset aktiivsust võib mõista ka kui aju lokaalsete aktiivsuste summana.

Väga paljud eksperimentaalsed andmed näitavad, et teadvus ei esine väga nõrga neuraalse aktiivsuse korral (näiteks narkoosi või kooma puhul) ja samuti mitte liiga tugeva neuraalse

aktiivsuse korral (näiteks epileptilise hoo või elektrišoki korral). Seega teadvus esineb kesknärvisüsteemide keskmisel aktiivsuse nivool (näiteks ärkveloleku desünkroniseeritud EEG). Näiteks kui ajus esinevad suure amplituudiga aeglased lained (umbes 0,1-1 Hz), siis inimene on teadvusetuses seisundis. Nii on see näiteks üldnarkoosi ja teadvuseta sügava une ajal. Kuid need lained on üldnarkoosi ajal korteksis korrapärasemad ja palju sünkroonsemad, kui teadvuseta sügava une ajal. Aeglased lained ei esine korteksis kõikjal siiski samaaegselt – s.t. osad korteksi piirkonnad on aktiivsed kui samal ajal teised piirkonnad seda ei ole. Nii on see üldnarkoosi ja teadvuseta sügava une ajal. Inimeste ajus esinev väga tugev või väga nõrk gamma-sageduslik faasisünkroonsus viib aju samuti teadvuseta seisundile. Uuringud on näidanud ka seda, et ärkveloleku aju seisundis võib ilmneda sellised neuroneid, mis parajasti magavad. Kuid see on nii ainult väga lokaliseeritud. See tähendab seda, et sügava une ajal (unenägudeta une ehk NREM-une ajal) on mõned ajupiirkonnad ärkvel seisundis (need aga ei teadvustu, sest ülejäänud ajupiirkonnad magavad) ja samas ärkveloleku seisundi ajal on mõned ajupiirkonnad une olekus.

Kuid peale teadvusseisundi esinevad ajus ka teadvussisud, mis omakorda eksisteerivad alati ja ainult siis, kui eksisteerib ajus ka üldine teadvusseisund. Teadvussisud esinevad aju lokaalsete aktiivsustena. Näiteks inimese ajukoore esmase piirkonna hävimise korral kaob inimesel teadvustatud nägemine, sest just esmane piirkond ajukoores töötleb informatsiooni, mis jõuab nägemismeelte juurest ajju. Selline efekt on väga spetsiifiline. Näiteks kui inimene ei teadvusta ainult ühte nägemisvälja poolt, siis tähendab see seda, et kahjustatud on ajukoore esmane piirkond, kuid seda ainult ühes ajupoolkeras. Inimene ei teadvusta ainult neid aspekte, mis esinevad ainult sellises ajupiirkonnas olevas nägemisvälja osas. Kui inimesel ilmneb ajukahjustus, siis kahjustuvad ainult mingisugused kindlad teadvustatud nägemise aspektid. Näiteks kui inimene ei suuda enam (teadvustatult) näha kehade värvusi, siis on kahjustada saanud ainult mingisugune kindel piirkond ajus. Kui aga kahjustada saab mingi kindel ajukeskus ainult ühes ajupoolkeras, siis kahjustus piirdub ka ainult ühe nägemisvälja poolega. Näiteks võib inimene näha ühelpool kõike ainult halltoonides, kuid teiselpool näeb ta kõike ainult värvilistes toonides. Kui aga inimesel on kahjustada saanud teine aju piirkond, siis inimene ei teadvusta enam kehade liikumisi. Näiteks tassi sisse tee valamise korral ei näe inimene liikumist. See tähendab seda, et ühel hetkel on tass tühi ja siis mõnel järgmisel hetkel on tass juba täis. Sellisel puhul ei teadvustata objektide liikumisi, vaid selle asemel lihtsalt kehasid ennast. Sellisele juhule on olemas ka vastupidine olukord. Inimene teadvustab ainult kehade liikumist, kuid neid ennast aga mitte. See on sellepärast nii, et kahjustada on saanud teiste kõrgemate visuaalsete piirkondade funktsioneerimine. On olemas ka selliseid olukordi, mil inimene ei teadvusta enam teiste inimeste nägusid või ei suuda neid omavahel eristada. Seda hälvet nimetatakse prosopagnoosia sündroomiks. Kõik see tähendab meile seda, et kui on kahjustatud aju mingisugune kindel piirkond, siis esineb hälbeid ka kindlates taju või teadvuse omadustes. Aju ühe kindla piirkonna aktiivsus on seoses ka teadvuse ühe kindla avaldumisega. Näiteks kui inimesel ilmneb tahe liigutada ühte oma kindlat keha osa, siis on kiirusagaras aktiveerunud üks kindel piirkond. Peaaegu kõik aspektid, mis kaasnevad teadvus-sisudega, on seotud mõne kindla aju piirkonnaga. Näiteks kui inimene tahab liigutada oma jalga, siis aktiveerub üks kindel aju piirkond. Kuid sellisest aju piirkonnast veidi eemal oleva ala aktiveerumine põhjustab inimesel tahte tekkimine oma kätt liigutada. Kui ajus aktiveerub mingi kindel piirkond, siis selle järgi saame me teada, et mis on teadvuses. See on aju üldine omadus, mitte ainult mõnes ühes aju piirkonnas. Niiviisi ongi selline aspekt ülispetsiifiline. Teadvuslik kogemus ja selle muutumine võib ilmneda näiteks värvides, nägudes, helides, liikumises jne. Selline avaldumine sõltub aju väga kindlast piirkonnast. (Aru 2009, skeptik.ee)

Assotsiatiivsed areaalid ei käsitle üksikult mitte ühtegi meelt. Nad koguvad informatsiooni mitmetest tunderetseptoritest ja töötlevad neid nii, et inimesel tekib täielik arusaam ümbritsevast maailmast ja selle detailidest. Assotsiatiivseid areaale vajatakse ilmselt ka teatud keeruliste kujutluste tekkeks. Võtame näiteks „hobuse“ mõiste. Hobuse tervikliku kujutluse moodustab väga paljud üksikkujutlused. Nendest võib igaüks olla ajukahjustuse korral häirunud. Hobuse terviklik kujutlus kaob siis, kui esineb väga raske ajukahjustus. Kirjutatud sõna „hobune“ mõistmiseks vajatakse esmase nägemiskorteksi läheduses teatava vasaku ajukoore areaali. Nii on ka teiste sõnade mõistmise korral. Selle „lugemiskeskuseta“ võime siiski näha ja mõista teisi asju, kuid mitte

kirjutatuid sõnu. Lausutud sõna „hobune“ teadvustamiseks vajame ajukoore rakke vasakul pool, mis asuvad esmase kuulmisala läheduses. Hobuse näojoonte ära tundmiseks vajame aju piirkonda, mis asub parema oimusagara sisepinnal. Hobuse kaloppimise helina tunneme ära paremas oimusagaras paiknevate neuronite abil. „Hobune“ mõistesse kuulub peale selle veel palju muid kujundeid ja mälupilte. Kuid kõigest sellest põhineb suurem osa just isiklikul kogemusel. Põhimõtteliselt on ajukoes piisav hulk võimalikke neuroniahelaid, et igal asjal, mida me võime mäletada või kujutleda, oleks kasutada oma neuroniahel. Näiteks Parkinsoni tõve korral on selleks staadiumiks, kui sümptomid hakkavad avalduma, säilinud võib olla ainult kolmandik või neljandik dopaminergilis-test neuronitest.

Üldiselt on arvatud, et teadvustamiseks on vajalik just prefrontaalne korteks. Sellepärast, et sellise ajupiirkonna kahjustamise korral võtab inimesel rohkem ajakulu eesmärkobjekti ja maskeeriva stiimuli vahel, et teadvustada eesmärkobjekti samasuguselt nagu ilma nimetatud ajupiirkonna kahjustumise korral. See tähendab ka seda, et kui kahjustub inimese prefrontaalne korteks, siis toimuvad muutused teadvustamises. Kuid sellest hoolimata ei saa prefrontaalne korteks olla teadvuse jaoks tarvilik, sest aju prefrontaalse korteksi töö on unenägude ajal üsna pidurtatud. Väikeaju ja basaalganglionite blokeerimise korral ei juhtu isiku teadvusega midagi. Järelikult pole need teadvuse jaoks vajalikud. Kiirusagaras esinevad protsessid toimuvad enamasti teadvusväliselt. Seevastu oimusagaras (temporaalsagaras) toimuvad protsessid on teadvusega palju rohkem seotud.

Aju mälukeskuses, hipokampuses ja subventrikulaarses tsoonis leidub tüvirakke, mis võivad paljuneda ja areneda uuteks ajurakkudeks. Seda nimetatakse neurogeneesiks, mille korral tekivad juurde uued ajurakud. Pärast inimese sündi tekivad ajus uued ajurakud. Hipokampuse ajupiirkonnas moodustatakse mälupilte. Mida rohkem seal piirkonnas neuroneid juurde tekib (näiteks seksimise tagajärjel), seda enam intelligentsemad on inimesed. Uute mälestuste loomisega kaovad ajus neuronite omavahelised vanad seosed ja tekivad omakorda uued. Kuid hipokampuse ajupiirkonna neuronid loovad ka võrgustikke, mille abil suudab inimene teha kindlaks oma asukoha ruumis. Peale ajupiirkondade on ka üksikutel neuronitel omad kindlad funktsioonid ja ülesanded. Hipokampuse kahjustumise korral ei kao ruumiline taju täielikult ära, sest see võib tekkida ka mitmest meelest kokku. Näiteks pimedad inimesed tajuvad oma asukohta ruumis tänu helide peegelduste järgi, mida nad oma kurguhäälikutega tekitavad. Sama kasutab ka nahkhiir. See näitab selgelt seda, et kui plastiline ehk mitmekülgne võib olla aju.

Inimese mälu ja hirmu reguleeritakse hipokampuses ja amügdalas. Lihaste, meelte ja kõne juhtimist ning otsuste langetamist reguleerib aju hallaine. Empaatiat ja enesevalitsust reguleerib otsmikusagar. Broca keskust peetakse keelekeskuseks. Muusikat töötleb ja analüüsib aju „auditiivne korteks“. Kui inimesel puudub sügaval ajus kurd nimega PCS, siis nendel inimestel on väga raske vahet teha fantaasial ja reaalsusel. Hallolluse erinevate piirkondade vahel liiklevaid signaale vahendab valgeollus. Inimese tundeid, käitumist ja haistmist reguleerivad limbilises süsteemis olevad piirkonnad. Limbiline süsteem on ka kahe ajupoolkera ühendajaks. Primaarne somatosen-soorne korteks on aju valukeskus.

Neuroteadlased on inimese aju jaotanud 52-ks Brodmanni piirkonnaks, mis igaüks on oluline mingi kindla ülesannete tüübi lahendamiseks. Sama olulised on ka nende piirkondade vahelised ühendused. Selle järgi ei ole näiteks loovus ja loogika eri ajupoolkerade vahel ära jagatud, vaid need sõltuvad mitme ajupiirkonna omavahelisest koostööst. Nii on ka inimese intellektiga. Näiteks selliste ajupiirkondade nagu otsmiku ümbruskonna, kõrvataguste koha ja aju tipu vasaku külje väljade omavaheline koostöö on oluline inimese intelligentsuse välja kujunemisel. Ajukeskused ei tööta üldiselt kunagi üksinda. Ajurakud suhtlevad omavahel risti-rästi, et lahendada iga sekund erinevaid ülesandeid.

George Washingtoni Ülikoolis resideeriv Mohamad Koubeiss avastas 2014 aastal, et Claustrumina tuntud õhukese ebamäärase kujuga ajupiirkond käitub kui „teadvuse lüliti“. See tähendab seda, et selle ajupiirkonna elektriline stimuleerimine viib inimese teadvuse kaotamiseni või teadvusele ärkamiseni. Selline asjaolu aga ei näita mitte midagi teadvuse olemuse ega isegi selle asukoha kohta ajus. Näiteks kui me võtame juhtme seinast välja, siis selle tagajärjel arvuti enam ei tööta. Kuid see ei tähenda veel seda, et arvuti kuvarilt paistev operatsioonisüsteem „asuks“ selles välja võetud juhtmes. Selline mõttekäik oleks absurdne. Täpselt sama on ka antud ajupiirkonna ja

teadvuse suhtega. Mingi ajupiirkonna elektriline stimuleerimine ei näita tegelikult mingil viisil teadvuse olemust ega isegi selle asukohta ajus. Nendest ajupiirkondadest võivad lihtsalt läbida teadvuse jaoks vajalikud elektriimpulsid ja niimoodi viibki spetsiifilise ajupiirkonna kahjustumine teadvuse kaotamiseni. Ka vooluvõrgust välja võetud juhe ei anna arvutile enam elektrivoolu ja seega arvuti ei saa enam töötada. Aga see ei tähenda veel seda, et operatsioonisüsteem „asuks“ selles välja võetud juhtmes.

Mingisuguse lokaalse ajupiirkonna neuronaalne aktiivsus ei ole tegelikult otseselt mingisuguse spetsiifilise teadvussisu neuronaalne korrelaat, vaid on lihtsalt sellega seotud. Võiks öelda isegi nii, et see on teadvuse eelprotsess. Spetsiifilise teadvussisu teadvustumise korral peab selle spetsiifiline ajupiirkond aktiveeruma enne teadvustumist, vastupidine olukord (ehk järelprotsessina) pole neuroteaduslikult võimalik. See tähendab seda, et spetsiifilise ajupiirkonna aktivatsioon iseenesest ei ole mingi spetsiifilise teadvussisu neurokorrelaat, vaid on sellega lihtsalt seotud, mis asub kuskil mujal, näiteks neuronite laengute väljade kombinatsioonide konfiguratsioonidena neuronite välises (ehk neuronite vahelises) ruumis. Sellest ka ajupiirkonna aktiveerumise tähtsus enne teadvussisu avaldumist.

On välja pakutud hulga teooriaid ja toetavaid materjale ka selle kohta, et teadvuse sisude neurokorrelaadid võivad esineda ajukoore spetsiifilistes piirkondades (peamiselt kukla- ja oimusagara alad, kuid võivad olla ka otsmiku- ja kiirusagara alad) koostöös taalamuse aktiveerivate mõjudega. Näiteks aju kiiru- ja otsmikusagara elektrilise aktiivsuse sünkroonsus võib luua teadvuselamuse. Kuid seevastu on uuemad uurimused näidanud seda, et otsmiku- ja kiirusagarate suur laenglemine või nende laialdane aktiivsus pole teadvuse jaoks tegelikult tarvilikud. Samuti ka meeleelunditest või perifeersest närvisüsteemist tulevate närviimpulsside töötlemine. Teadvuse sisude neurokorrelaatidena võivad toimida ka ülalt alla suunatud tagasisidestatud närviprot-sessidena. Teadvuse sisude neurokorrelaadid esinevad ka sündmus-potentsiaalides. Teadvusliku taju ajuaktiivsuse sagedus jääb umbes beetasageduste (20 Hz) ja gammasageduste (30-80 Hz diapasoonis) vahele. Teadvus esineb ajuprotsesside biopotentsiaali negatiivse polaarsuse korral.

2.2.5 Laiendatud retikulotalaamiline aktivatsioonisüsteem

Ajukoore pindala on umbes 2000 cm^2 ja selle paksus on 2 – 3 mm. Ajukoor on inimese närvisüsteemi kõrgeim ja noorim osa, milles asuvad meelte kõrgemad keskused. Ajukoore erinevad piirkonnad genereerivad erinevaid teadvusnähtusi. Ajukoore närvirakud on seotud teadvuse sisude esindamisega. Näiteks analüüsime inimese teadvusseisundi erinevaid sisusid, kui ta sooritab mõnda rahulikku jalutuskäiku rannal. Kui inimene jalutab mööda ilusat ranna äärt, siis ta liigutab oma lihaseid, mida võimaldavad aju tipus ja küljel asuvate piirkondade aktiivsused (ehk motoorse ajukoore aktiivsus). Kui inimene teeb oma jalutuskäigu paljajalu, võib ta oma jalgade all tunnetada liiva või merevee liikumist. Seda võimaldab somatosensoorse ajukoore aktiveerumine. Ilusa visuaalse rannapromenaadi manab inimese silme ette aju tagaosas asuv nägemiskeskuse ehk nägemiskorteksi aktiivsus. Kindlasti tunnetab inimene ka merelõhna oma nina sõõrmetes, mis tähendab haistmiskorteksi aktiveerumist ajukoore sisemises osas. Inimese aju eesosas ehk frontaalsagaras tekivad aktiveerumise korral huvitavad mõtted, mis võivad inimesel tekkida rannal jalutades. Inimene ei kasuta kogu oma aju ühe korraga, vaid kõik inimese ajuosad teevad tööd näiteks poole päeva jooksul. Inimese kõik ajuosad teevad enamasti tööd.

Kui inimese aju on üldnarkoosi seisundis, siis hakkavad neuronid ajukoores kõik korraga aktiveeruma või mitte. Tekib rütmiline võnkeprotsess, mis on analoogne sügava une korral. See kordub umbes iga sekundi tagant. Üldnarkoosis ja sügavas unes (unenägudeta unes) ei esine teadvust. Arvatakse, et siis ajukoore neuronid ei aktiveeru. Kui aga inimene on ärkvel, siis neuronid ajukoores on aktiveerunud. Aktiivsed neuronid (mis ilmnevad narkoosiseisundi korral) sarnanevad

ka ärkveloleku juhul. Sellest järeldatakse, et isegi sügavas unes on inimene teadvusel, kuid seda väga väikese aja jooksul. Mälestusi sellest ei teki, sest teadvus esines liiga väikest aega, et mällu süübida. Üldjuhul on uurimustel täheldatud, et ärkveloleku ajal ei esine inimese ajukoores neuronite vaikimisperioode.

Talis Bachmanni teadvuseteooria väidab, et teadvustatud objekti spetsiifiline kujutis (aktiivsus) ajukoores on seotud „ajukoore alt“ tuleva mittespetsiifilise aktiivsusega. Kuid see sidumisprotsess võtab aega. Ajukoore osadega on seotud teadvuse kognitiivsed aspektid, mis ei ole küll teadvuse fundamentaalsed osad. Afektiivsed protsessid oleksid teadvuse esmased hulgad. Kuid samuti ka see, kui inimene tunnetab muutusi, mis toimuvad oma keha seesmises keskkonnas.

Üheks oluliseks ajukoore ergastajaks ja pidurdajaks on retikulaarformatsioon. See on võrkjas struktuur, mis asub ajutüves. Inimese ärkveloleku (ja ka teadvuse) tagamisel on oluline roll retikulaarformatsiooni ja talamuse omavahelisel koostööl. Retikulaarformatsioon koos talamuse tuumadega peab saatma ajukoorele elektriimpulsse, et see ergastuks. Ainult nii on inimene võimeline tulema teadvuseta seisundist teadvusele. Vaheajus asuv talamus koosneb mitmetest tuumadest. Osa talamuse tuumadest läbib informatsioon, mis tuleb retseptoritelt ja suubub kesknärvisüsteemi. Kuid teine osa talamuse tuumadest moduleerivad mittespetsiifiliselt ajukoore aktiivsust.

Teadvuse kadudes aga väheneb talamuses ja korteksis aktiivsus – s.t. esinevad madalad sagedused. Talamus ja korteks on omavahel seotud. Näiteks sensoorne info jõuab läbi talamuse korteksisse. Kuid on täheldatud rohkem ühendusi hoopis korteksist talamusse. Talamuses eksisteerivad palju tuumasid, mis on ühenduses korteksi piirkondadega. Talamuse tuumad ka moduleerivad aktiivsusi korteksi piirkondades. Uurimused on näidanud, et inimese magama jäämisel „uinub“ enne talamus ja siis korteks. Arvatakse, et hilisem korteksi aktiveerumine loob inimesel sensoorsed kogemused. Seega talamus vastutab inimese magamajäämise üle.

Ajukoores on olemas püramidaalrakud, mis saadavad oma arvutuste tulemused (signaalid) talamusse ja ajutüve neuronitele. Seepärast on arvatud, et teadvuselamus tekib hoopis talamuses, mitte korteksis. Seda on kinnitanud isegi mõned uurimused. Näiteks kui ajukoorest välja lõigata suuri alasid, siis teadvusega ei juhtu tegelikult mitte midagi. Kui patsiendil on kahjustada saanud teatud korteksi piirkonnad, siis jääb näiteks eneseteadvus ikka alles. On arvatud, et eneseteadvus on seotud teatud piirkondadega korteksis. Ja rotid, kellel ei ole üldse ajukoort, käituvad hoopis aktiivsemalt ja lausa keerulisemalt.

2007. aastal suutis Nicholas Schiff ja tema töörühm teadvusele tuua patsiendi, kes oli kuus aastat minimaalses teadvuslikus seisundis. Ta suutis seda teha stimuleerides elektriliselt talamuse mittespetsiifilisi tuumasid.

Talamus on evolutsiooniliselt vanem aju struktuur kui korteks, kuid ajutüvi on talamusest veelgi vanem. Aina rohkem funktsioone on loomariigi arengu käigus siirdunud ajutüvest ajukoorde. Kuid kui ajutüve ülaosa saab kahjustada (eelkõige mittespetsiifiline projektsioonisüsteem) või vaheaju talitluse aktiivsus väheneb (või üldse lakkab) kindla sisaldusega anesteetiliste ainete poolt, siis ilmneb isikul teadvusetus. Kui aga taalamuse intralaminaarsete tuumade ühendused ajukoorega on kahjustada saanud, kaotab inimene enamasti samuti teadvuse.

Ajukoore ergastumisel esineb seal gammasageduslik aktiivsus, mille sagedus on umbes 30 – 90 Hz. Sellise gammaaktiivsuse korral suureneb ja väheneb impulsside sagedus ajas perioodiliselt. Seda tänu peamiselt mittespetsiifiliste talamuse neuronitele, mis ajukoort ergastavad. Gammasagedusel on sünkroniseeriv omadus, mis sõlmib meie teadvusliku elamuse ühtseks tervikuks. Näiteks tugevama gammaaktiivsusega seostub näiteks mingisuguse pildi teadvustatud nägemine. Katsed (J. Aru ja T. Bachmanni eksperimendid) on näidanud isegi seda, et tugevam gammaaktiivsus võib tekkida juba enne selle pildi teadvustamist. Gammasageduslik rütm sünkroniseerib ajukoore neuronite töö. Ajukoore neuronid esindavad erinevaid tajusisusid samas teadvusväljas. Neuronid, mis töötlevad mitteteadvustavat teavet, jäävad sellest sünkroniseerivast mängust välja. Üldanesteetikumid pärsivad mittespetsiifilise talamuse tööd, mis omakorda takistab ajukoore gammaaktiivsuse tekkimist. Ergastatud olekus laenglevad ajukoore neuronid koherentses gammasageduslikus rütmis, mis on sünkroniseeriva omadusega.

Talamuse ja ajukoore vaheliste protsesside parameetrite alusel saavad seletuse väga paljud

teadvusefenomenid (teadvusenähtused), näiteks kahe silma võistlus, tähelepanu „silmapilgutus“, maskeerimine, mahajääva sähvatuse efekt ja paljud teised. Näiteks retseptoritelt tulev info, mis ei jõua talamuse mittespetsiifilise modulatsioonini, ei jõua see ka edasistele töötlusastmetele. Kuid informatsioon, mis moduleeritakse juba mittespetsiifilise talamuse poolt, pole enam „peidetud“ ehk see jõuab nüüd ka kaugemale, kõrgematele töötlusastmetele. Ebatavalistes tajumistingimustes võivad tekkida mitmed illusioonid ja paradoksaalsed tajuefektid, kuna protsessid, mis esinevad enne mittespetsiifilise talamuse modulatsiooni, toimuvad palju kiiremini kui need protsessid, mis esinevad talamuse modulatsiooni ajal.

Teadvuseta oleku korral (näiteks sügav uni, üldnarkoos) esineb fragmenteerunud ehk tervikliku globaalse ühendatud aktiivsüsteemi asemel killustatud ajuaktiivsus. Seda iseloomustab üle terve aju esinevad aktiivsussaarekesed, mis omavahel ei suhtle. Kuid üksikärritajatele reageerib aju päris hästi ja enamasti adekvaatselt. Lõppkokkuvõtteks võib öelda, et teadvust ei saa seostada mingi kindla ajupiirkonna aktivatsiooniga, vaid teadvus kujuneb välja aju erinevate piirkondade koordineeritud koostöös nagu näiteks retikulaarformatsiooni, talamuse teatud tuumade ja ajukoore omavahelises koostöös. Sellist kooslust nimetatakse ka laiendatud retikulotalaamiliseks aktivatsioonisüsteemiks. Sarnaselt teadvusega kujuneb välja ka näiteks aju intelligentsus paljude neuronite ühise töö tulemusena. See tähendab ka seda, et intelligentsus tekib „rumalate“ osade ühise töö tulemusena, sest et üksik neuron on võrreldes kogu ajuga ikka väga „rumal“ osake.

Üldiselt võib järeldada, et teadvus tekib talamokortikaalses süsteemis. See on süsteem ajus, mis hõlmab suuraju koort ehk korteksit ja vaheaju tuumasid ehk talamust. Talis Bachmanni teooria väidab, et kui kortikaalse omaduste sõlmimise aktiivsus ei ole seotud mittespetsiifilise talamokortikaalse süsteemiga, siis toimub see teadvusväliselt. Selles süsteemis tekkivad aktiivsused levivad üle kogu aju. Väikeajus tekkivad aktiivsused jäävad aga lokaalseks. Need ei levi üle terve aju. Üldised uuringud on näidanud seda, et teadvusseisundi korral püsib aktiivsus kauem ja see levib üle terve aju. Kuid näiteks üldnarkoosi ajal on tekkivad aktiivsused lokaalsemad ja kestavad vähem aega kui teadvusseisundi korral. Kõik see tähendab seda, et teadvusseisundi ajal esineb ajus globaalselt koordineeritud aktiivsus. See võimaldab muidugi sõlmida erinevaid lokaalseid ajuaktiivsusi. Teadvustatud kogemus on ju enamasti ühtne.

Objekti teadvuslik taju ei kaasne automaatselt ajukoore erinevate piirkondade aktiveerumisega. Ajukoore erinevad piirkonnad töötlevad tajuobjekti erinevaid elemente nagu näiteks värvid, liikumised, servad, detailide asukohad jne. Mingisuguse objekti nägemise korral aktiveeruvad ajukoore erinevad piirkonnad koheselt. Kuid kõrgemad ajukoore keskused analüüsivad erinevalt objekti detailidest tähendusi ning loovad kategooria-assotsiatsioone, mis on tundlikud kontekstile. Teadvustatud tajuobjekt tekib alles siis, kui need ajukoore piirkonnad, mis töötlevad tajuobjekti erinevaid elemente ehk detaile, ergastavad ajukoore kõrgemaid keskusi ja need kõrgemad keskused omakorda on interaktsioonis detailitasemel olevate ajukoore osadega. See tähendab seda, et teadvustatud tajuobjekt tekib ainult siis, kui need kaks ajukoore piirkondade töötlusastet on mõlemad aktiveerunud olekus ehk laenglevad ja on omavahel interaktsioonis ehk nende kahe vahel esineb väljade konfiguratsioon. Kuna need keskused saadavad üksteisele impulsse ehk signaale, siis tuntakse seda hoopis ajukoores toimuva tagasisidena ehk tagasisuunatud uuestisisestusena. Seda printsiipi on uurinud sellised teadlased nagu Victor Lamme, James Enns, Vincent Di Lollo, Shaul Hochstein ja paljud teised. Huvitav on märkida, et seda nimetatakse tagasisidestatud süsteemiks, mis on siis aluseks teadvustatud tajuobjekti tekkimisele. See tuleneb sellest, et need kaks ajukoore töötlushierarhiat saadavad üksteisele signaale. Kuid tegemist on siin hoopis väljade konfiguratsiooniga, sest impulssi roll ajus on eelkõige panna neuroneid laenglema ja need kaks ajukoore laenglevat töötlushierarhiat on väljade vahendusel omavahel interaktsioonis ehk konfiguratsioonis. Tagasisidestatud süsteemi puudumisel või vigastamisel ei esine enam mingit konkreetset teadvussisu.

2.2.6 Aju energiasäästlikus

Ajul on kalduvus funktsioneerida nii, et tarbitaks võimalikult vähe energiat. Energia tarbimise minimaliseerimine on aju funktsioneerimise üks põhialuseid ja kõik teooriad, mis püüavad aju mingit aspekti seletada, peavad selle minimaalse energia tarbimise printsiibiga olema kooskõlas. Selline seaduspärasus tuleneb üldisest looduse funktsioneerimisest, mille korral on kõik loodusprotsessid suunatud kõrgemalt energialt madalamale energiatasemele. Näiteks üles visatud kivi langeb alati tagasi maa peale, soojus kandub alati edasi madalama temperatuuriga kehale ja aatomid püüavad säilitada igahinna eest oma minimaalse energiataseme. Aju on looduse osa ja seega kõik see, mis kehtib looduse korral, peab sama kehtima ka aju korral. Aju funktsioneerimist kirjeldavad neuroteaduslikud teooriad peavad olema kooskõlas aju minimaalse energia tarbimise printsiibiga. Järgnevalt toomegi selle kohta mõned konkreetsemad näited:

1. Inimese aju kohaneb ja säästab energiat, kui kohtab varem lahendanud ülesandeid. Seda nimetatakse neuraalseks adaptsiooniks ehk aju võimeks, mis võimaldab ajul panna tähtsuse järjekorda oma infoallikaid.

2. Aju saadab kõrgematelt ajupiirkondadelt madalamatele piirkondadele infot, mis sisaldab ennustust. Kui ennustus on osutunud edukaks, siis aju pidurdab vastava piirkonna aktiivsust. Kuid kõiki sündmusi pole reaalselt võimalik ette ennustada. Aju on sellega arvestanud nii, et mudel ümbritsevast keskkonnast drastiliselt ei muutu, kuid mõned selle detailid võivad muutuda, mida aju on isegi ette arvestanud. Väga väikse veasignaali peale ei hakka aju pidevalt seda töötlema ainuüksi energia säästmiseks, vaid täidab neid ootamatuid kõrvalekaldeid juba olemasoleval mudelil baseeruvate ennustustega. See säästab neuronite liigse energiakulu ja tagab inimese funktsioneerimise ümbritsevas maailmas.

3. Sügava une korral väheneb ühtlaselt inimese ajus olevad sünaptilised ühendused. See aitab võimaldada vähendada energiatarbimist ja samas ka mälusisud salvestuvad paremini. See tähendab ka seda, et ärkvelolekus suureneb ajus sünapsite ühendused (ehk seepärast inimese ajukoores suurenebki erutatavus, kui nad on üsna pikalt ärkvel - samuti ka unedeprivatsiooni tõttu), kuid sügava une ajal vähenevad ühtlaselt need sünapsite ühendused. Need kaks eri tahku kompenseerivad üksteist.

4. Impulsside levimist ja liikumist erinevate ajupiirkondade vahel reguleerib sünkronisatsioon, mis algselt arvati olevat ajus oleva informatsiooni sõlmimismehhanism. See võimaldab erinevaid ajusüsteeme omavahel funktsionaalselt kokku liita. Sünkronisatsiooni mehhanism ajus lihtsalt reguleerib impulsside liikumist ühelt neuronilt teisele. Sünkronisatsioon ajus on lihtsalt impulsside liikumiste regulaator, mis võimaldab informatsiooni ajus kiiresti ja tõhusalt edastada. Neuronipopulatsioonide aktiveerimisest on efektiivsem just sisend, mis on sünkroniseeritud. Aju kasutab sünkronisatsiooni, sest siis ei pea palju energiat kulutama rohkete neuronite aktsioonipotentsiaalide (ehk impulsside) välja saatmiseks. Sünkronisatsiooni korral on neid aga palju vähem. Kaks neuronit on omavahel funktsionaalselt seotud ainult siis, kui üks neuron saadab oma impulsi teisele neuronile. Seda võimaldab kahe neuroni sünkroonne aktivatsioon. Kõik see esineb ka erinevate ajupiirkondade vahel, mitte ainult üksikneuronite või neuronipopulatsioonide tasemel.

2.2.7 Aju ennustamisvõime

Inimese aju üks põhiomadusi on ennustamine, mille eesmärgiks on vähendada ennustusvigu.

Selle järgi on ajul olemas mudel ümbritsevast maailmast, mis baseerub inimese varasematel kogemustel, teadmistel ja mälupiltidel. Selle mudeli järgi loob aju hüpoteese ennustamaks sündmusi, mis võivad ümbritsevas maailmas aset leida. Selline protsess toimub igal ajahetkel ja teadvusväliselt. Ennustuse vea korral tekib veasignaal, mis kõrgematele ajupiirkondadele tagasi saadetakse. Mida vähem vigu esineb, seda täpsem on aju ennustusvõime ja seda parem on aju mudel ümbritsevast maailmast. Aju põhiliseim ülesanne ongi luua võimalikult täpne mudel maailmast, mille korral esineb väga vähe veasignaale. Veasignaalide töötlemine on neuronitele üsna energiakulukad protsessid. Kuid tänu veasignaalide tuvastamisele ja nende töötlemisele täiustab ja parandab aju oma mudelit ümbritseva maailma kohta. See tähendab seda, et ümbritseva maailma paremaks tundmiseks ja sellele võimalikult hästi reageerida täiustab aju ümbritseva maailma mudelit pidevalt. Seega inimese õppimisvõime põhineb aju ennustusvigade minimeerimises, sest aju mudel ümbritsevast keskkonnast võib olla muutlik.

Aju ennustamisprotsess sarnaneb matemaatikas tuntud tõenäosusteooria arvutusprotsessidega ja loogikaga. Neurofüsioloogiliselt väljendub aju ennustamine selles, et aju saadab kõrgematelt ajupiirkondadelt madalamatele piirkondadele infot, mis sisaldab ennustust. Kui ennustus on osutunud edukaks, siis aju pidurdab vastava piirkonna aktiivsust. Kuid kõiki sündmusi pole reaalselt võimalik ette ennustada. Aju on sellega arvestanud nii, et mudel ümbritsevast keskkonnast drastiliselt ei muutu, kuid mõned selle detailid võivad muutuda, mida aju on isegi ette arvestanud. Väga väikse veasignaali peale ei hakka aju pidevalt seda töötlema ainuüksi energia säästmiseks, vaid täidab neid ootamatuid kõrvalekaldeid juba olemasoleval mudelil baseeruvate ennustustega. See säästab neuronite liigse energiakulu ja tagab inimese funktsioneerimise ümbritsevas maailmas.

Aju teostab absoluutselt igal ajahetkel suur hulk ennustusi ümbritseva maailma kohta, mille baasil loob aju erinevaid hüpoteese, mis seletaksid ümbritsevas keskkonnas toimuvaid nähtusi ja sündmusi. Erinevate hüpoteeside tõenäosusjaotus põhineb statistilisel esinemissagedusel mingis kindlas kontekstis varasemate teadmiste ja kogemuste baasil. Kui kõrgeima protsentuaalsusega ennustus osutub ikkagi valeks ehk tekib aju mudelis ennustusviga, väljendub see sageli ehmatava üllatusena.

Hinnangute ja järelduste baasil tajutakse visuaalseid omadusi. Aju testib erinevaid hüpoteese. Näiteks aju üheks harjumuspäraseks ennustuseks on see, et kaugemal asuvad kehad paistavad alati palju väiksemad kui need tegelikult on. Selline asjaolu tuleneb aju ennustamisest, mis on õpitud igapäevasest kogemusest. Kuid meie aju kipub täpselt sama ennustama ka näiteks kahemõõtmeliste perspektiiviga kujutiste korral, milles kujutatavad kehad on tegelikult ühesuurused. Need on kahemõõtmelised pildid, mille peal on kujutatud üsna veenvad illusioonid kehade erinevatest suurustest. Sisendit, mis tuleb silma võrkkestalt, analüüsitakse aju kuklasagaras varasemate teadmiste valguses.

Aju ennustab ette oma keha liikumist ja sellega põhjustatud muutusi maailmas. See tähendab seda, et visuaalsele tajule toetumise asemel kasutab aju ennustust, pidurdamaks muutuste taju, mis on põhjustatud enda liikumisest. Inimese aju pidurdab liikumise tunnetust vastavas visuaalse nägemisvälja piirkonnas, sest aju ennustab ette oma jäsemete liikumist ruumis. See on ka üks põhjusi, miks inimene ei saa iseennast kõditada.

Aju loodud mudelis, mis on saanud meile igapäevaselt harjumuspäraseks, võib veasignaali vallandada isegi väga väike erinevus. Näiteks võib inimene avastada ühel suvalisel hommikul tööle minnes, et tema auto on maja eest ärandatud. Enne seda konkreetset hommikut olid kõik teised hommikud ühetaolised ehk ei erinenud eelmistest. Igal hommikul tööle minnes on inimene endale juba automaatselt selgeks teinud, et tema auto, millega ta tööle sõidab, on ikka alati see sama auto ja alati pargitud sinna, kuhu ta harjumuspäraselt on seda alati teinud. Kuid nüüd on inimese üllatus suur, kui järsku enam seda autot seal maja ees enam ei eksisteeri. Aju senine mudel erineb tegelikkusest palju enam ja seega tekib veasignaal, mis kõrgematele ajupiirkondadele tagasi saadetakse. Seal hakatakse seda põhjalikumalt analüüsima. Just inimese üllatuses väljendubki veasignaali tekkimine.

Järelduste tegemisel hindab aju signaalide usaldusväärsust, mis võimaldab omakorda hinnata ennustusvea täpsust. Võimalikult optimaalsema mudeli saavutamiseks peab aju pöörama tähelepanu ainult nendele signaalidele, mis on võimalikult täpsed ja usaldusväärsed, sest mitte kõik mudelil

baseeruvad ennustused ei ole võrdselt usaldusväärsed.

Aju võrdleb uue info vastuvõtmise korral seda uut infot ennustusega, mis baseerub varasematel kogemustel ja teadmistel. Näiteks kui enne koerte toidukorda helistab inimene igakord kella, siis hiljem oskavad koerad juba ette ennustada toidu saabumist, mis järgneb alati kella helisemisele. Selle nähtuse avastas esimesena 19. sajandil Vene akadeemik Pavlov. Kuid mida vähem on erinevusi ennustusel põhineva mudeli ja reaalse taju info vahel, seda täpsem on aju mudel ümbritsevast maailmast. Erinevuste vähendamine ongi aju üks kõige põhilisemaid ülesandeid.

Kui sisend on mitmetähenduslik, siis see on seletatav kahe erineva tajuhüpoteesiga. See tähendab seda, et kaks erinevat tajuhüpoteesi selgitavad ühte ja sama sisendit võrdsel määral ja sellest tulenevalt ei suuda aju lõlikult otsustada nende kahe tajuhüpoteesi vahel, et milline neist on tegelikult õige. Mõlemat tajuhüpoteesi samaaegselt tunnustada ei ole reaalselt võimalik. Sellest tulenevalt vahetubki mitmetähendusliku sisendi korral inimese subjektiivne reaalsus vastavalt aju loodud kahe tajuhüpoteesi vahelise otsustamatusega. Näiteks üle saja-aastaselt postkaardilt pärineb kahemõtteline pilt noorest ja/või vanast naisest, mis on tuntud kogu psühholoogiakirjanduses. Selle pildi peal tajub vaatleja vaheldumisi kas noort või vana naist, kuid mõlemat korraga tajuda ei saa mitte kunagi. Teise pildi nägemiseks kulub mõnikord kaua aega.

Aju ennustatus baseerub aju töötlushierarhia edaspidiste ja tagasisidestatud ühenduste poolt vahendatud kommunikatsioonil. Näiteks nägemisinfo jõuab meie silmadest esimesena just esmastesse visuaalse töötluse aladesse ehk kuklasagaras asuvatesse aju piirkondadesse. Sealt liigub töödeldud visuaalne info kõrgematesse visuaalsetesse aladesse tagasisidestatud ühenduste kaudu. Kuid edaspidiste ühenduste kaudu liigub ennustus ülevalt alla. Need on aktiveerunud teadmised ja kogemused. Neuronite edaspidiste ja tagasisidestatud ühenduste kaudu liikuvad protsessid toimuvad samaaegselt. Uus ennustushüpotees luuakse ainult siis, kui saabuv info ei vasta ennustusele, mis liigub altpoolt ülesse. Sellisel veidral juhul tekib veasignaal. Kuid veasignaali ei teki ennustuse ja sensoorse info kooskõla korral. Sellisel juhul vähendavad nende ühenduste aktiivsust ennustused, mis on ajus liikunud ülevalt alla. Väiksemaid veasignaale aju enamasti ignoreerib ja seetõttu peab aju neid ennustusi õigeks.

2.2.8 Aju statistilise andmetöötluse elemente

Enne teadvuselamuse tekkimist analüüsitakse ja töödeldakse seda teadvusvälises „olekus“. See viitab asjaolule, et teadvus on aju andmetöötluse tagajärg või mingisugune tulem. Tähelepanust väljas olev info ja teadvusväline info ei ole päris üks ja sama. Üks asi on mõista andmetöötluse seaduspärasusi ajus (mis enamasti toimuvad teadvusväliselt), kuid hoopis teine asi on mõista teadvuse tekkimist ja selle olemust, mis avaldub pärast andmeanalüüsi. Ajus olev andmetöötlus ja analüüs toimub enamasti teadvusväliselt. Inimese teadvusväline infotöötlus põhineb tõenäosusteoorial ehk statistikal ja protsentarvutusel. Aju siseside kiirus on 120 m/s.

Aju muudab ümbritseva maailma erinevateks andmeteks. Näiteks inimese silma võrkkesta närvirakud muudavad valgussignaalid ajurakkude aktiivsusmustriks. See sarnaneb fotokaamera tööprotsessiga, mille korral muudetakse ümbritseva maailma valgusmustrid fotokaamera elektrisensorite aktiivsuseks. Näiteks enamus ajast vaatlevad imikud ümbritsevat maailma, mis on peamine tegevus kogu esimese paari eluaasta jooksul. Imikute aju saab andmeid kiirusega 30 pilti sekundis, mis võimaldab imikul hinnata ümbritsevas maailmas leiduvate objektide erinevaid omadusi. Sarnaselt sellega muudab mikrofoni elektroonika õhuvõnkumised arvuti jaoks numbrite jadaks nii nagu närvirakud inimese kõrvas muudavad õhuvõnkumised elektrisignaalideks. Vestluste helisignaalid koosnevad silpide jadast, mis on piiratud mingi arvuga.

Inimese aju sisendiks on meeleelundite neuronite aktiivsused ja arvutuste tulemusena määrab väljund ehk tuhanded numbrid inimese keha lihaste aktiivsused. Ajurakkude vaheliste ühenduste tugevus ja muster kontrollib aju sisendnumbrite muutumist väljundnumbriteks.

Sünapsid on ajus pidevas muutumises. Närvisignaalide mustrit ajus mõjutavad neuronite vahelised ühendused ja sünapsite muutused ajus. Seega ajurakkude vaheliste ühenduste tugevused on reguleeritavad ehk muudetavad. Ajurakkude vahelised ühendused ja nende täpne tugevus kontrollivad närvivõrgus liikuvat andmeanalüüsi.

Aju mõõdab erinevate objektide erinevaid omadusi. Selle tulemused jaotab aju vahel loomulikesse gruppidesse. Ajus moodustunud andmegrupid vastavad eri liiki objektidele, mis leidub meie reaalses maailmas. See võimaldab andmeanalüüsil tuvastada erinevate objektide kategooriaid, mis eksisteerivad meie objektiivses reaalsuses. Kui närvivõrk mõõdab enda aktiivsuse statistilisi jaotusi, siis õpib närvivõrk leidma erinevate objektide kategooriaid. Niimoodi käib ajul maailma statistika avastamine ehk mõõdetakse närvivõrgu komponentide statistikat. Erinevate objektide omaduste statistiline jaotus määrab ära ümbritseva maailma efektiivse tajumise. Kuid statistiline analüüs saab toimuda ainult siis, kui aju on kogunud suurel hulgal andmeid.

Paljud andmed jagunevad iseenesest kategooriateks hoolimata erinevate liikide andmete erinevast struktuurist. Aju jaotab ümbritseva maailma erinevateks kategooriateks. Näiteks maailmapilt võib sisaldada selliseid objekte, mis on tavaliselt erinevat sorti.

2.2.9 Unenäod

Unenäod esituvad inimesel kahel erineval viisil. Enamus unenägudes interakteerub inimene ümbritseva virtuaalse keskkonnaga nii nagu ärkvel olleski, s.t. inimene on osaline unenäos toimuvaga. Näiteks vesteldakse sõbraga, sõidetakse jalgrattaga, peetakse sünnipäeva jne. Kuid esineb ka selliseid unenägusid, mida saab mõista ainult jooksva filmina. Sellisel juhul inimene ise ei osale unenäos toimuvaga, vaid jälgib sündmusi passiivselt pealt nii nagu vaatab inimene kinosaalis jooksvat filmi.

Inimesed enamasti ei mäleta, kuidas nad oma unenäo sisse sattusid. See tähendab, et ühel hetkel ollakse voodis ja oodatakse une saabumist, kuid juba teisel hetkel nähakse unenäos toimuvat. Mingit vahepealset faasi ei mäletata või ei teadvustata. Selline asjaolu viitab sellele, et unne suikub inimene teadvusetult ehk unenägu nähakse küll teadvustatult, kuid sinna jõudmine toimub teadvusväliselt.

Inimese peaaju läbib sekundis miljoneid närviimpulsse. Need impulsid tekitavad ümber pea elektrivälja, mille tugevust mõõdetakse elektroentsefalograafiga. Sellega saadud graafikut nimetatakse elektroentsefalogrammiks ehk lühidalt EEG-ks. Unenägude nägemisega kaasneb alati ajuaktiivsus. Unenägu nähakse REM-unes, kuid mitte alati (sest osad (näiteks visuaalsed) ajupiirkonnad on NREM-unes). Kuid ka mitte-REM unes nähakse vahel unenägusid. On täheldatud REM-une ja ärkveloleku EEG mustrite sarnasust, mille korral esineb peamiselt kõrgesageduslik aktiivsus. Kuid aeglased madala sagedusega lained esinevad ainult mitte-REM une ajal. Seda sellepärast, et talamokortikaalne süsteem ei ole stabiilne – s.t. ajupiirkonnad pidurduvad ja siis jälle erutuvad jne. Kuid REM-unes on täheldatud aju üldist ergastusseisundit. Ja see tähendab ka aju infotöötlust. Frontaalne teeta-rütm (4-8 Hz) REM-une faasis ennustab inimesel unenägude mäletamist. Kuid NREM-une faasis on selleks temporaalne alfa-rütm (8-12 Hz). Nii leidsid Marzano jt. Ärkveloleku ajal on täheldatud ajus palju neurotransmittereid nagu näiteks serotoniin, noradrenaliin, atsetüülkoliin. Kuid näiteks atsetüülkoliin esineb ka REM-une ajal, kuid mitte-REM une ajal seda enam ei esine. Uurimused on näidanud, et atsetüülkoliin tekitab ajus kõrgesage-duslikku aktiivsust, kuid samas ka talamuse mittespetsiifiliste tuumade aktiivsust. Need aga ju moduleerivad erutustaset korteksis. Üldnarkoosi seisundi ajal ei ole inimesel teadvust. Teadvust ei esine ka väga sügava une ajal (mil unenägusid ei nähta).

Raphe tuum on üks olulisemaid faktore käivitamaks ajutüve retikulaarformatsiooni ergastava mõju pidurdumist ajukoorele, mille tulemusena toimub ajukoore üldine pidurdus ja seejärel uneseisundi tekkimine. Inimese une ajal toodetakse kasvuhormoone ja ajuvalke ning taastatakse neuronite energiaressursse. Aju tarbib hapnikku une ajal umbes sama palju kui ärkvelolekus, kuid

verd rohkem. Une ajal toimub närvisüsteemi teatud osades aktiivne ainevahetus. Rahuliku une ajal toimub aju ainevahetuse ja verevoolu vähenemine, kuid see kiireneb kiire une ajal. Rakutuuma „locus coeruleus´e“ aktiivsus, mis toodab norepinefriini ja oluliselt vastutab inimese virguse ja meeleolu püsivuse tagamise, on REM-une ajal pidurdunud. Inimene enamasti näeb REM-une ajal unenägusid.

Inimestel, kellel on kaks ajupiirkonda otsmikusagarate eesosas keskmiselt suuremad, esineb palju rohkem kirkaid unenägusid, mille korral on inimene teadlik oma viibimisest unenäos. Otsmikusagarate eesosas asub inimese juurdlemis- ja analüüsimisvõime. See tähendab ka seda, et kirgaste unenägude nägijatel on hea loogiline mõtlemine ja hea juurdlemis- ning analüüsimisvõime. Kirgaste unenägude ajal esinev ajuaktiivsus on võrreldes ärkveloleku ja REM-unega vahepealse staadiumiga.

Inimese ärkveloleku ajal tekivad erinevaid närviimpulsse (ehk aktivatsioonipotentsiaale) pidevalt juurde ja need ei kao ära. Sellega kaasneb ka neuronite sünapsite juurdekasv või sünapsite tugevuste kuhjumine. Kuid närviimpulsse ei saa ajus olla lõpmatult palju (näiteks ruumi puuduse tõttu) ja seega esineb ajus seisund ehk aktiveerub ajus selline mehhanism, mis korrastab närviimpulsside kogust ajus ja viib need normaalsele tasemele, et saaks jätkuda normaalne ajutegevus. Sellega kaasneb ka sünapsite vähenemine (sünapsite tugevuste vähenemine) ajus teatud ajaperioodi jooksul (näiteks une ajal). Seepärast tekibki inimesel vajadus une järele. See tähendab seda, et närviimpulsse ei saa ajus olla liiga vähe ega ka liiga palju, sest siis tekib teadvuse kadumine (võib tekkida näiteks uneseisund). Võimalik, et närviimpulsside „kuhjumine“ toimub kogu närvisüsteemi ulatuses, mida aju töötlema peab. Kuna inimese uinumisel aju üldine bioelektriline aktiivsus langeb (mida kauem on inimene ärkvel, seda pikemat sügavat und on tal vaja), siis võib see viidata aktsioonipotentsiaalide vähenemisele ajus. Kui impulss suubub neuronisse või neuron väljastab impulsi, siis neuron laengleb. See tähendab ka seda, et neuroni laenglemissagedus (mida võib põhimõtteliselt käsitleda ka neuronite aktivatsiooni laine sagedusena) näitab ka impulsside hulka. Näiteks kui sagedus on suur, siis impulsse levib ajus rohkem. Kui aga sagedus on väike, siis impulsse on ajus vähem. Näiteks sügav ehk unenägudeta uni esineb delta lainete ajal (0,5 – 3 Hz), mis on aga väga aeglased aju lained. Kerge uni ja REM-uni esinevad aga teeta lainete ajal (4 – 8 Hz), füüsiline ja vaimne lõdvestunud ärkveloleku seisund alfa lainete ajal (9 – 13 Hz), normaalne ärkveloleku seisund beeta lainete ajal (14 – 30 Hz) ja kirkad unenäod gamma sagedusel (enam kui 30 Hz). Inimesel, kes on täiesti terve ja kellel on rahuolekus silmad kinni, esinevad alfalained (8 – 13 Hz). Silmade avamise korral asenduvad alfalained beetalainetega (14 – 30 Hz). Inimese uinumise ajal langeb aju bioelektriline aktiivsus (võivad esineda teetalained 4 – 7 Hz).

Tononi ja Cirelli tõestasid, et kui inimene magab sügavat und, siis väheneb ühtlaselt tal ajus olevad sünaptilised ühendused. See aitab võimaldada vähendada energiatarbimist ja samas ka mälusisud salvestuvad paremini. See tähendab ka seda, et ärkvelolekus suureneb ajus sünapsite ühendused (ehk seepärast inimese ajukoores suurenebki erutatavus, kui nad on üsna pikalt ärkvel - samuti ka unedeprivatsiooni tõttu), kuid sügava une ajal vähenevad ühtlaselt need sünapsite ühendused. Need kaks eri tahku kompenseerivad üksteist. Kui inimese une ajal vähenevad ajus olevate neuronite sünaptilised ühendused, siis järelikult ei saa elektriimpulsid ajus enam nii vabalt liikuda. Seda võimaldavad sünaptilised ühendused on tohutult vähenenud.

Aja jooksul on välja pakutud väga palju une vajalikkusest seletavaid teadusteooriaid. Kuid maailmas esinevad ka sellised juhtumid, mille korral ei suuda seletust anda mitte ükski uneteooria. Need juhtumid on väga üksikud ja seega on need uneteaduses pigem erandiks kui reegliks. Näiteks Vietnamis elav mees nimega Ngoc Thai jäi pärast kõrge palaviku üleelamist täiesti unetuks. Alates 31. eluaastast pole mees juba 43 aastat kordagi maganud. Mees on sellest hoolimata nii psüühiliselt kui ka füüsiliselt täiesti terve. Mees on püüdnud ka unerohte manustada, kuid see polevat teda aidanud.

Inimesed, kes on sündinud pimedatena, võivad sellest hoolimata näha visuaalseid pilte – näiteks oma unenägudes. Need on väga hägusad ja lühiajalised, kuid siiski äratuntavad. Võrreldes kaasasündinud vaegnägemisega ei ole nende nägemiskeskus kahjustunud ja seetõttu võib seal esineda teatud piiritletud aktiivsus. Seda nägemiskeskust ajus on võimelised stimuleerima ka teised

meeled. See tähendab seda, et teised meeled, mis stimuleerivad nägemiskeskust, võivad oma enda info põhjal luua visuaalseid pilte ümbritsevast maailmast. Näiteks nahkhiired ja hammasvaalalised loomad kasutavad ultraheli ruumis navigeerimiseks või saagi püüdmiseks. Ultraheli korral muundatakse kudedelt tagasi peegelduvat heli elektrisignaalideks, mida arvutis loob inimene lootest või skanneeritavatest organitest visuaalse kujutise.

Varem arvati, et une vajadus tuleneb sellest, et une ajal vabaneb inimese aju toksiinidest. Pikka aega oli levinud arvamus, et aju une funktsioon seisneb kahjulike molekulide vabanemises. Kuid Londoni Imperial College'i Briti dementsuse uurimisinstituudi (UKDRI) teadlased väidavad oma hiirte uuringutega vastupidist. Nad väidavad, et kahjulikest ainetest vabanemiseks on ajuaktiivsus parem variant kui une oma. See tähendab, et aktiivne aju aitab paremini toksiine väljutada. Varem arvati, et aju kasutab und kahjulikest ainetest vabanemiseks, kuid selline arusaam on nüüd hiljuti tunnistatud ekslikuks. Une ja isegi narkoosi ajal hoopis väheneb aju võime vabaneda mürkidest. Näiteks hiired, kes magasid, suutsid oma ajudest umbes 30% vähem vabaneda toksiinidest võrreldes nende hiirtega, kes ei maganud. Anesteesia ehk narkoosi ajal ulatus see näitaja lausa 50 %-ni. Kuid teadlased rõhutavad, et toksiinide liikumiskiirust läbi aju võivad mõjutada toksiinide molekulide suurused. Peale selle väljuvad mõned keemilised ühendid kiiremini võrreldes teiste ühenditega. Kõik need andmed tulenevad hiirtega tehtud katsetest, mistõttu võib neid järeldusi edasi kanda ka inimestele. Kuid selle kinnituseks on vaja teha inimeste peal vaatlusi ja katseid.

2.2.9.1 Unenägude tõlgendamine

Sigmund Freud ja Carl Gustav Jung oletasid, et inimese teadvus on kõigest psüühika jäämäe pisike tipp ning suurem osa inimese psüühikast moodustub teadvustamatus ehk alateadvus. Inimese alateadvus jaguneb omakorda mitmeks osaks. Freud arvas, et alateadvuse ja teadvuse vahel puudub otseühendus ja alateadvus on teadvusest palju võimsam oma intellektuaalsuse poolest. Freud oli kindel, et inimese käitumist määrab peamiselt alateadvuses toimuvad protsessid, kuid seda inimesele endale teadvustamata moel. Freud on kirjutanud järgmist: „Teadvustamatus on suurem ring, mis haarab endasse teadvuse väiksema ringi; kõigel, mis on teadvustatud, on teadvustamata eelaste." Ta oletas, et inimese unenäos avaldub võimalus suhelda alateadvusega otseselt ehk alateadvus suhtleb teadvusega otseselt unenäo avaldumisvormina. See tähendab seda, et alateadvus suhtleb unenäos inimese teadvusega keerulises šifreeritud keeles. Soovide kujutamine täitununa on Freudi oletuse järgi peamine, milleks alateadvus unenägusid kasutab. Mõnikord on alateadvusest tulenevad soovid täiesti varjamatud. Näiteks kui homme on õpilasel kontrolltöö, võib ta sellele eelneval ööl näha unes seda, et ta sooritab kontrolltöö positiivsele hindele.

Freud oletas seda, et peale selgete soovide on olemas ka sellised soovid, mis on inimesel alla surutud, kuid mida alateadvus hästi teab. Allasurutud soovid võivad tuleneda inimese varajasest lapsepõlvest või on need kuidagi seotud seksuaalsete ihadega. Freud oli kindel, et iga inimese unenägu väljendab kuidagi inimese enda isiklikke soove. Absurdse süzeega unenäod on tema arvates kahe kihilised. Näiteks unenäo manifestne ehk väline sisu ei näi seostuvat inimese subjektiivsete soovidega. Nii on see näiteks siis kui inimene näeb mõnda õudusunenägu või kui ta unenäos surma saab. Kuid unenäo latentne kiht näitab unenäo tegelikku tähendust, kui inimene analüüsib ja lahti mõtestab unenäo üksikuid motiive ja sümboleid. Unenäo latentne osa on Freudi meelest alati seotud inimese mingisuguse sooviga.

Tihendamine oli Freudi arvates esimene meetod alateadvuse unenäo sõnumite šifreerimisel: „Tihendamine toimub välja jätmise teel, niivõrd kui unenägu ei ole mitte unenäo mõtete punkt-punktilt täpne ülekordamine või pojitseerimine, vaid nende äärmiselt ebatäielik ja lünklik taasesitus." Nihutamine oli Freudi arvates teine peamine meetod, mis inimese unenägudes ilmneb. Näiteks inimese unenäo tegeliku ehk latentse sisu moodustavad sellised objektid, mis ilmnevad

välja just manifestses unenäosisus. Need objektid viitavadki unenäo latentsele sisule. Freudi meelest olid vabad psühholoogilised assotsiatsioonid need, mis aitasid lahti mõtestada tihendamise ja nihutamise šifreerimismeetodid. Unenäokujundite tõlgendamisel peab abiks olema psühhoanalüütik, kes aitab inimesel tekkivaid assotsiatsioone mõista ja meenutada. Nii saab kui teada unenäo tegelikku sõnumit, vähemalt Freudi arvates.

Kuid seevastu Carl Gustav Jung, kes oli Freudi algne kaastööline ja hilisem konkurent, ei pooldanud vabade assotsiatsioonide meetodit. Ta püüdis mõista, mida alateadvus inimesele öelda tahab, kui ta teeb seda unenäo kaudu. Enamasti avalduvad unenäos inimeste emotsionaalsed probleemid, hirmud või usulised veendumused. Jung tõlgendas unenägu materjaliga, mis oli sellega vahetult ja selgelt seotud, mitte nii nagu seda tegi Freud, kes jagas unenäo manifestseks ja latentseks osaks. Näiteks Jung pööras olulist tähelepanu korduvatele motiividele inimese erinevates unenägudes, sest ta arvas, et see viitab inimese mingisugusele senilahendamata probleemile, mis nüüd siis alateadvus unenäos märku annab. Selle konkreetse probleemi lahendamise korral kaob ära ka see korduv motiiv, mis avaldub erinevates unenägudes.

Freudi ja Jungi teooriaid ei pea tänapäevane psühholoogiateadus enam teaduslikeks ja seetõttu on teadus nende ideedest üldiselt distantseerunud. Unenägudel ei ole tegelikult mitte mingit peidetud sisu ega krüpteeritud sõnumeid. Seetõttu pole unenägusid mõtet dešifreerida. Inimese ärkamise ajal võib teadvus tagantjärele konstrueerida unenäole pealtnäha mingisuguse sisemise loogika või mõtte, et üleelatut kuidagi mõtestada.

2.2.9.2 Paradoksaalse une funktsioon

REM-une faas esineb öö jooksul 4 – 5 korda. Selle faasi ajal on ajuaktiivsus kohati isegi suurem kui inimese ärkveloleku ajal. REM-une ajal stimuleeritakse õppimisega seotud ajupiirkondi. Ameerika Ühendriikides asuvas California Ülikoolis Berkeleys töötavad teadlased A. Goldstein ja M. Walker hüpotiseerivad, et REM-une funktsioon seisneb emotsioonide regulatsioonis. REM-uni töötlevat emotsionaalset osa, mis on seotud mingi konkreetse sündmusega inimese elus ja peale selle aitab REM-uni inimest ettevalmistada unejärgseks optimaalseks emotsionaalseks funktsioneerimiseks. REM-uni tagab inimese unejärgse adaptiivse emotsionaalse funktsioneerimise. Goldsteini ja Walkeri teooria järgi aitab paradoksaalne uni, mis järgneb emotsionaalsele sündmusele, salvestada inimese mälestuse pikaajalisse mällu ja samaaegselt aitab REM-uni eemaldada mälestuselt ka emotsionaalse komponendi. See tähendab seda, et REM-uni teostab mälestuse järeltöötlust, mis aitab kinnistada mälujälge ja võtab sellelt ka emotsionaalse komponendi. REM-uni vähendab unejärgset emotsionaalse reaktsiooni intensiivsust ja aitab eristada olulist ebaolulisest. Näiteks pärast magamist esinevad inimeste madalamad hinnangud selle kohta, et kui negatiivseteks loetakse emotsionaalse sisuga pilte.

Aju limbiline süsteem reguleerib inimese motiveeritud ja emotsionaalset käitumist. Limbilise süsteemi suuremad osad on mandelkeha, hipokampus, hüpotalamus ja haistesibul. Need kõik on omavahel funktsionaalselt seotud, mis paiknevad ajukoore all. Kuid paralimbiline süsteem jääb limbilise süsteemi ja ajukoore vahele. Seal asub näiteks insula.

Unenägude tähendus seisneb lihtsalt emotsioonide mahalaadimises, sest inimese tundmusi ja mälestusi töötlevad neuronaalsed protsessid kutsuvad ajus esile unenägusid. Une ajal laetakse maha inimese emotsionaalne pinge, mis on parajasti ülearune ja nii valmistub inimene öösel uueks päevaks. Aju vabaneb halbadest emotsioonidest äreva või õudu tekitava unenäo abil. REM-une ajal esineb väga suur ajuaktiivsus.

Goldsteini ja Walkeri uneteooria püüab seletada REM-une tekkimist ja vajalikkust inimese ajule jättes sealjuures täielikult kõrvale sügava une funktsiooni. Nende teooria hõlmab ainult inimese REM-und, kaasamata sügava une tekkimist. See on nende teooria üks tõsisemaid raskusi, sest on ebaloogiline ja ebausutav, et REM-unel ja sügaval unel on olemas üksteisest eraldi seletatavad

funktsioonid. Nii olla ei saa. Inimesel on kahte liiki und (REM-uni ja sügav uni), mis esinevad alati koos ning REM-uni eelneb alati sügavale unele. Seega peavad need olema omavahel kuidagi seotud, mitte nii et neil on erinevad funktsioonid nagu näiteks REM-une vajalikkust seletab Goldsteini ja Walkeri teooria, kuid samas sügava une funktsiooni seletab Tononi uneteooria. Nii olla ei saa. Tõeline uneteooria peab seletama samaaegselt mõlema une liigi funktsiooni.

Goldsteini ja Walkeri REM-une teooria on üles ehitatud selle une ajal toimuva virgatsainete muutustele. Noradrenaliini ja ka teiste stressi ning ärevusega seotud virgatsainete taseme langus on selle teooria üks põhilisemaid empiirilisi alustalasid ja lähtepunkte. Kuid just see on ka antud teooria üks kõige nõrgemaid kohti, sest siin võib olla kaks tõlgendus võimalust. Noradrenergiline süsteem võib küll viidata REM-une funktsioonile (mida Goldstein ja Walker ka usinasti teevad), kuid samas pole kindel, et kas tegemist võib olla lihtsalt REM-unega kaasnev protsess. Hoolimata paljudest Goldsteini ja Walkeri REM-une teooriat kinnitavatest empiirilistest uuringutest, jääb ikkagi võimalus, et kõik see, mida nende teooria meile kirjeldab, pole midagi muud kui REM-une seisundiga kaasnev nähtus.

Aju uuringutes tuleb ilmtingimata arvestada sellega, et kas mingi avastatud uus neurobioloogiline seaduspärasus on mingi teise nähtuse põhjuslikuks ilminguks või lihtsalt kausaalne ehk kaasnev nähtus, mis pole tegelikult põhjusliku iseloomuga. See tähendab seda, et nähtus või seaduspärasus võib olla kaasuseks mingile teisele nähtusele või see võibki olla mingi teise nähtuse ilmingu konkreetseks põhjustajaks. Seda nimetatakse korrelatsiooniks ja kausaalsuseks, mille korral on nähtused omavahel korrelatsioonis või on need omavahel kausaalses suhtes nii et ühe nähtuse avaldumisega kaasneb mingi teise nähtuse ilmnemine, mitte ei põhjusta selle avaldumist ehk ei ole korrelatsioonis. Seda peab ajuteaduses pidevalt arvestama, mis on ajuteadusele omane.

REM-unes nähakse unenägusid ehk esineb teadvus, kuid sügavas unes unanägusid enam ei nähta ehk teadvust ei esine. REM-une ajuaktiivsus sarnaneb pigem ärkveloleku ajuaktiivsusega kui sügava unega ja nende teooria järgi tuleneb see just sellest, et REM-uni edendab inimese optimaalset emotsiooniregulatsiooni.

Enne sügavasse unne jõudmist läbitakse REM-une faas. REM-une ajuaktiivsus sarnaneb ärkveloleku ajuaktiivsusega, vahel on see isegi suuremgi. Kuid sügava une ajuaktiivsus erineb REM-une omast märgatavalt, olles mitte nii enam globaalse, vaid lokaalse aktiivsusega. Sügava une ajuaktiivsus on võrreldes REM-une omaga palju väiksem ja see on nö. „killustatud“. See mõneti sarnaneb inimese langemisega koomasse või kliinilisse surma. Kliinilisse surma langemisel ehk pärast südame tegevuse seiskumist suureneb hetkeks ajuaktiivsus, mille järel alles siis lõpetab aju oma töö. Nii tundub olevat ka REM-une ja sügava une vahekorraga, mille korral suureneb ajutiselt enne sügavasse unne suikumist ajuaktiivsus. See tähendab, et enne sügava une ilmnemist suureneb ajuaktiivsus nii nagu enne aju kliinilist surma. Suurenenud ajuaktiivsusega kaasnevad unenäod (s.t. teadvus) ehk see, mida me nimetame REM-uneks.

Kui REM-une ajuseisund sarnaneb ärkveloleku omaga, siis inimese sügav uni sarnaneb kooma või kliinilise surmaga, mille korral ei esine teadvust. Enne sügavasse unne jõudmist läbitakse alati REM-une faas. Selline järjekord pole kunagi olnud vastupidine, küll aga on inimesed olnud ka ainult REM-une faasis jõudmata sügavasse unne.

REM-uni ja sügav uni käivad alati käsikäes, juhul kui inimest ei äratata REM-une ajal üles. Enne sügavasse unne jõudmist läbitakse alati REM-une faas ja see ei toimu mitte kunagi vastupidiselt. Sügav uni on inimese närvisüsteemile vajalikum kui REM-uni. See tähendab, et sügava une puudumine toob esile rängemad ajukahjustused kui REM-une puudumine. REM-uni ja sügav uni on omavahel lahutamatult seotud sarnaselt nii nagu aeg ja ruum. Sügava une funktsioon on seotud impulsside kuhjumise regulatsiooniga ajus, mis neurobioloogiliselt väljendub sünapsite vähenemises sügava une ajal. Seda on veenvalt näidanud Tononi empiirilised uuringud. Sellest võib mõneti järeldada seda, et sügava une ilmnemisega kaasneb REM-une staadium, olles sügava une „sissejuhatav“ või „ettevalmistuv“ faas. See tähendab, et REM-uni on tegelikult kõigest „sissejuhatav“ või „ettevalmistuv“ faas sügava une tulekuks. Analoogiline oli nii ka surmalähedaste kogemuste ilmnemistega, mida oli siiani arvatud olevat sureva aju viimasteks funktsioonideks. REM-uni on seega sügava une kaasnähtuseks.

Kuna REM-uni on pigem „sissejuhatus“ või „ettevalmistus“ inimese sügavasse unne suikumiseks, siis seega on sügava une (mitte REM-une) funktsioon inimese une põhifunktsiooniks. See tähendab seda, et küsimusele „miks inimene vajab und?“ annab vastuse sügava une funktsioon, mitte niivõrd REM-une funktsioon.

Teadvus on seotud kindlalt neuronite laenglemistega ehk aju aktiivsusega. Kuid ärkvelolek on seotud pigem virgatsainetega (mis tegelikult on ka seotud omakorda neuronite aktiivsusega). See tähendab seda, et teadvuse sisu muutuse taga on aju aktiivsusmustri muutus, kuid inimese ärkveloleku muutus on seotud virgatsaine taseme muutusega. Näiteks noradrenaliini taseme langus ajus põhjustab inimese ärkveloleku kadumise ja nii on see näiteks REM-une ajal, mil inimene on küll teadvusel (nähakse und), kuid ei olda enam ärkvel.

REM-uni ja sügav uni esinevad alati koos ning REM-uni eelneb alati sügavale unele. Sügava une korral esineb ajus lokaalne ehk killustatud aktiivsus, mille korral on aju üldine aktiivsus asendunud aktiivsus-saarekestega, mis pole omavahel kontaktis. Sügava une korral puudub inimesel teadvus (s.t. unenäod) ja esineb ajus sünapsite vähenemine (Tononi). REM-une ajal esineb seevastu sama suur ajuaktiivsus, mil inimese ärkveloleku ajal. Esineb unenägude nägemine ja seega teadvus. REM-une ajal langeb selliste ühendite konsentratsiooni tase, mis vastutavad inimese virguse ja ärksuse eest. Näiteks langeb noradrenaliini tase REM-une ajal. Kõik need aspektid tõepoolest viitavad sellele, et REM-uni on lihtsalt sissejuhatus sügavasse unne. Sügava une funktsioon seisneb sünapsite vähenemises ajus, et stabiliseerida aju energiakasutus. Sel ajal puudub inimesel teadvus ehk ei nähta unenägusid. Kuid enne inimese teadvusetuse staadiumisse jõudmiseks peab inimene kaotama ärkvuse, mis tähendab seda, et teadvuse kaotusele eelneb ärkveloleku lakkamine. See avaldub aju noradrenergilise süsteemi aktiveerumises, mille korral ajus langeb noradrenaliini ja teiste keemiliste ühendite konsentratsioon, mis vastutavad inimese ärkvuse ja virguse eest. Juba ammu on teada, et ärkvelolek ja teadvus ei ole päris üks ja sama nähtus. Kuid samal ajal esineb ajuaktiivsus edasi, mil see oli ärkveloleku ajal. See kestab kuni sügava uneni ja sellega kaasnebki unenägude nägemine ehk teadvuse esinemine. Enne aju energia stabiliseerimisprotsessi ehk sünapsite vähenemise staadiumit (s.t. enne sügavat und), mil inimene on täiesti teadvusetus seisundis, lakkab inimese ärkveloleku aktiivsus, mis väljendub noradrenergiliste ühendite konsentratsiooni taseme languses, mida kirjeldabki meile Goldsteini ja Walkeri paradoksaalse une teooria.

2.2.9.3 Aju noradrenergiline süsteem

Und on kahte liiki: sügav uni ja REM-uni ehk paradoksaalne uni. Paradoksaalne uni on kiirete silmaliigutuste uni ehk REM-uni, mil nähakse unenägusid. Paradoksaalse une ajal esineb peaaegu täielik lihastoonuse kadu, kuid ajukoores esineb seevastu suur aktiivsus. Sügava une ajal unenägusid ei nähta. Sügava une ajal langeb inimese kehatemperatuur, südamelöögi sagedus ja üldine lihastoonus; väheneb mitmetes ajupiirkondades aktiivsus ja väheneb ka hapnikutarbimine. REM-une ajal esinev ajuaktiivsus erineb oluliselt sügava une ajuaktiivsusest, kuid sarnaneb suurel määral ärkveloleku omaga. REM-une ajal sarnaneb inimese ajukoore elektriline aktiivsus ärkveloleku omaga. Ka hapniku- ja glükoositarbimine on väga sarnane ärkvel oleku omaga – vahel võib see olla isegi suuremgi. See tähendab ka seda, et REM-une ajal nähtavad unenäod on kõrgenenud ajuaktiivsuse tõttu tekkinud suvalised ajuaktiivsusmustrid. Ajukoore suurenenud aktiivsusest hoolimata ei ole inimene siiski ärkvel.

Ajukoores eksisteerib limbiline süsteem, mis koosneb mandelkehast, hipokampusest, haistesibulast ja hüpotalamusest. Nendes piirkondades on REM-une ajal aktiivsus kõige suurem. Peale nimetatud osade on ka suurenenud aktiivsus insulas ja otsmikukoore keskmises osas. Mandelkeha reguleerib inimese emotsioone. Aktiivsus aju limbilistes ja paralimbilistes struktuurides on REM-une ajal suurenenud.

REM-une ajal toimub ajutüve neuronites järsk noradrenaliini konsentratsiooni taseme langus. Noradrenaliini on seostatud inimese tähelepanu ja ärksusega ning ka valmisolekuga reageerimiseks. Noradrenergiliste neuronite laenglemine ajutüves väheneb REM-une staadiumis, eelkõige ajutüves asuvas sinava tuuma neuronites. Pärast REM-une lõppu taastub noradrenaliini tase ajus une eelsele tasemele. Paradoksaalse une ajal esinevad ajus teetalained. Noradrenaliini tase on madal ja seda enam just sinava tuuma neuronites. Üldse on REM-une ajal madal selliste virgatsainete tase, mis on seotud inimese stressi ja ärevusega. Ülivirguse tekitab inimesel noradrenaliini hulga suurenemine ajus.

Inimesed mäletavad enamasti hästi just neid asju, mis sisaldavad endas kõrget emotsiooni taset ja on inimesele emotsionaalselt oluline. Noradrenergiliste juhteteede ja perifeerse närvisüsteemi aktivatsioon on oluline inimese emotsionaalse sündmuse mällu talletamiseks. Noradrenergiliste juhteteede aktivatsiooni reguleerivad sinava tuuma neuronid, mis asuvad ajutüves.

Ajutüves olev sinavtuum ehk locus coeruleus reguleerib mandelkeha bioelektrilist aktiivsust β-adrenoretseptorite abil, kuid ajukoore aktiivsust reguleerib see läbi α-adrenoretseptorite, mida on kahte liiki. Mandelkeha aktiivsus on keskkonnastiimulite suhtes selektiivne ja seda võimendab sinava tuuma faasiline aktiivsus. See tähendab ka seda, et mandelkeha ja sinava tuuma aktiivsus sarnanevad üksteisele tavalise ehk normaalse ajuseisundi korral. Mandelkeha ja otsmikukoore keskmine osa (s.t. ajukoor) on omavahel funktsionaalselt seotud.

Noradrenaliini kõrge tase ajukoores vähendab prefrontaalkoore tööd läbi α1-adrenoretseptorite, mis takistavad närviimpulside ülekannet. Otsmikukoore keskmine osa ehk prefrontaalkoor kontrollib ülalt-alla mandelkeha aktiivsust ja kui see kontroll väheneb, siis põhjustab see mandelkeha aktiivsuse suurenemist.

Otsmikukoor aktiveerub noradrenaliini mõõduka taseme korral α_2-retseptorite kaudu. Selle tõttu on otsmikukoorel suurem kontroll mandelkeha üle. Kuid otsmikukoore töö on häirinud kõrge noradrenaliini taseme tõttu ajukoores α_1-retseptorite kaudu. Selle tulemusena on otsmikukoore kontroll mandelkeha üle vähenenud.

Sinava tuuma neuronites esineb inimese terve aju korral pidev madal baasaktiivsus. Baasiline laenglemine tähendab närviraku alalist aktiivsust. Kuid mingite oluliste stiimulite esinemise korral tekib faasiline aktiivsus, mida võib tõlgendada reaktsioonina nendele tekkinud stiimulitele.

Ajutüves oleva sinava tuuma noradrenergiliste neuronite laenglemist iseloomustab madal baasaktiivsus ja kõrge faasiline aktiivsus üksteise suhtes. Sinava tuuma neuronite baasaktiivsus on stressitingimuses kõrgem ja ka noradrenaliini hulk on suurenenud.

Sinav tuum, mandelkeha ja prefrontaalkoor on omavahel funktsionaalselt seotud. Näiteks mandelkeha ja ajukoore vaheline suhtlus on aluseks adaptiivsele emotsiooniregulatsioonile. Mandelkeha ja ajukoore vahelist suhtlust häirib noradrenaliini taseme tõus.

2.2.10 Inimese ärkvel olek

Ärkvel olek ja teadvusseisund ei ole tegelikult üks ja sama psühholoogiline nähtus. Näiteks kui inimene magab ja näeb parajasti und, siis on inimene teadvusel, kuid mitte ärkvel. See tähendab seda, et inimene on und nähes teadvusel, kuid mitte ärkvel. Samamoodi on inimene teadvusel ka ärkvel olles. Inimene on ühtviisi teadvusel nii und nähes kui ka ärkvel olles, kuid nende kahe oleku ainus erinevus seisneb selles, et ühes ollakse ärkvel, kuid teises mitte.

Inimene on ühtviisi teadvusel nii ärkvel olles kui ka und nähes, mil enam ei olda ärkvel. Ärkvel olles loob inimese aju sensoorsete kanalite kaudu virtuaalse keskkonna ümbritsevast maailmast, milles inimene parajasti eksisteerib. Kuid mitte ärkvel olles ehk und nähes loob inimese aju virtuaalse keskkonna mitte enam ümbritsevast maailmast, vaid ajus olevatest andmetest, mis on talletatud siis, kui inimene oli ärkvel. See tähendab seda, et ärkvel olles on inimese aju ümbritseva maailmaga adekvaatselt kontaktis, kuid mitte ärkvel olles ehk und nähes on inimese aju

ümbritsevast maailmast isoleeritud ehk puudub adekvaatne kontakt reaalsusega. Inimese enda unenäos on iga tegelane tegelikult tema ise, sest unenägu on inimese enda aju loodud virtuaalne tegelikkus. Unenäos võivad avalduda inimese alateadvuses olevad varjatud tungid, vajadused ja hirmud.

Teadvusseisund ja ärkvelolek ei ole päris üks ja sama nähtus. Aju-uuringud on veenvalt näidanud, et teadvusseisundi tekkimisega on otseselt seotud ajuaktiivsus ehk neuronite elektriline laenglemine. Kuid samas on ärkveloleku tekkimine seotud aju noradrenergilise süsteemi aktivatsiooniga, mille korral sõltub inimese ärkvelolek selliste ühendite konsentratsiooni tasemest ajus, mis vastutavad inimese virguse ja ärksuse eest. Seda näitavad veenvalt erinevad une-uuringud ja Goldsteini-Walkeri REM-une teooria eksperimentaalne kontroll. REM-une ajal esineb ärkvelolekuga sarnane ajuaktiivsus (mille tõttu esineb unenägude nägemine ja seega teadvus), kuid näiteks noradrenaliini tase ajus on sel ajal üldiselt langenud, mis läheb kokku inimese ärkveloleku lakkamisega. Kooma seisundi ajal on ajuaktiivsus üldiselt lakanud ja sel ajal ei esine teadvust (s.t. ei nähta unenägusid).

Ärkveloleku ajal meeleorganitelt tuleva info töötlemisega ja vahendamisega seotud piirkonnad ajutüves kutsuvad esile ka REM-une. Selle tulemusena aktiveerub ka aju limbiline süsteem, mis on kahe ajupoolkera ühendajaks. Nii tekivadki inimesel öösel unenäo elamused, sest aju limbiline süsteem töötleb ka inimese emotsioone, tajuelamusi ja mälu.

Taalamuse vigastamise korral ei juhtu inimese ärkvelolekuga midagi. Ka on uurimustes leitud, et ajukoore neuronid on ka endiselt siis aktiivsed, kui väheneb (või hoopiski kaob) atsetüülkoliini mõju ajukoorele. Kõik see tähendab seda, et inimese ärkveloleku seisund esineb ka ilma taalamuse ja atsetüülkoliinita. Kui aga kõrvaldada ajukoores ära noradrenaliin, siis kaob ka ärkveloleku seisund (inimene ei ole enam siis ärkvel). Neuronid ajukoores hakkasid lakkama aktiveerumast. See sarnaneb siis üldnarkoosi seisundiga. Huvitav on veel üks asjaolu. Nimelt noradrenaliini ei esine REM-une ajal, mil nähakse unenägusid ja seega esineb teadvuslik seisund. Kuid on kindlaks tehtud seda, et atsetüülkoliini mõju blokeerimisel ajukoores on aju ärkvel seisundis, kuid teadvust ei esine. Seetõttu ei samastata ärkvelolekut teadvusega.

2.2.11 Inimese mälu

Inimese kogu mälu ei asu tegelikult hipokampuses, vaid see ajupiirkond on pigem vaadeldav aju „sisukorrana“. Hipokampusest sõltub lihtsalt see, et kas me suudame midagi meenutada ehk kas me suudame ajju talletatud mälestusi üles leida. Inimkogemuse mälestus on talletatud aju närviühenduse võrgustikus. Mälestuse sisu oleneb sellest, et millises ajupiirkonnas on mälestus talletunud. Näiteks matemaatikavalemid asuvad aju tagaosas, kuid samas prantsuse keele tegusõnad aga Broca ja Wernicke ajupiirkondades. Hipokampusest sõltub see, et kas mälestus talletub edasi pikaajalisse mällu või ei. Hipokampuses tekivad uued neuronid ja arenevad kogu inimese elu jooksul.

Enne mälestuse jõudmist hipokampusesse, viibib see umbes 30 sekundit kuni minut aega lühiajalises mälus. Hipokampuse vigastumise korral või isegi selle eemaldumise korral säilib inimesel ainult lühiajaline mälu. Pikaajaline mälu sellisel juhul kaob.

Inimese autobiograafiliste mälestuste kodeerimise ja meenutamise ajal esinevad ärkveloleku ajal enamasti teetalained. Tähelepanuväärne on asjaolu, et inimese mäletamist mingist varem toimunud sündmusest ärkveloleku ajal, öösel unenägude nägemist ja ärkveloleku ajal meenutada unenägusid võimaldab kõike ainult üks ja sama ajumehhanism. Teetalainete ajal nähtavad unenäod jäävad sageli kõige paremini meelde.

2.2.12 Inimese ajusurm

Inimese elutegevuses ei lakka aju üldine aktiivsus mitte kunagi. Ainult ajulainete sagedused võivad erinevate ajuseisundite jooksul (näiteks narkoos, uni, sügavuni jne) muutuda, kuid mitte kunagi lakata. Kliinilises surmas on lakanud aju üldine aktiivsus, kuna enamasti aju ei saa siis enam verd. Sellisel juhul esineb aktiivsus (ehk neuronite laenglemine) ainult väga väga lokaalsetes ajupiirkondades. Kui on lakanud aju kogu aktiivsus (isegi lokaalsed ajupiirkonnad), siis on tegemist ajusurmaga (ehk inimese bioloogilise surmaga).

Surmalähedased kogemused ehk SLK-nähtused esinevad inimese kliinilise surma ajal, mille korral on ajutiselt seiskunud inimese süda. Süda on vajalik ajule vere pumpamiseks, mille kaudu saab aju hapnikku. See on aju peamine energiaallikas. Ajus olevate neuronite laenglemine ehk aktiivsus on enamasti seotud verevarustuse suurenemise ja (glükoosi) ainevahetuse kiirenemisega, kuid mitte alati. Kui aju ei saa enam verd, siis selle elutegevus lakkab olemast.

Inimese peaaju läbib sekundis miljoneid närviimpulsse. Need impulsid tekitavad ümber pea elektrivälja, mille tugevust mõõdetakse elektroentsefalograafiga. Sellega saadud graafikut nimetatakse elektroentsefalogrammiks ehk lühidalt EEG-ks. Aju aktiivsus ei ole tegelikult surmalähedaste kogemuste ajal ehk inimese kliinilise surma ajal täielikult lakanud. Sellisel ajal näitab EEG aparaat küll aju elektrilise aktiivsuse puudumist, kuid selliste ajuaktiivsuste korral, mis funktsioneerivad väga madalates ajustruktuurides (näiteks taalamuses ja ajutüves), on EEG registreerumistundlikkus väga nõrk või üldse puudub. Rakusisesed protsessid ja ka laenglemised toimuvad ikka endiselt. See tähendab seda, et ajus (näiteks suuraju koores) on tegelikult ka surmalähedaste kogemuste ajal aktiivsust, kuid seda siiski väga vähesel määral. Sellisel korral esineb ajus „teistsugune aktiivsus“.

Jimo Borjigin´i 2013. aasta uurimus näitas, et pärast südameseiskumist esinevad ajulained veel umbes 30 sekundit ja seda suurema aktiivsusega. Aju aktiivsus hääbub täielikult pärast südame seiskumist umbes 30 sekundi jooksul. Sealjuures läbib ajuaktiivsuse hääbumine teatud faase.

> Näiteks 2 sekundit pärast südameseiskumist ajuaktiivsus suureneb, pärast seda väheneb see peaaegu kõikides ajupiirkondades ja veidi enne täielikku ajuaktiivsuse hääbumist suureneb aktiivsus lühiajaliselt üksikutes ajupiirkondades.

Inimene võib kliiniliselt surnud olla reaalselt näiteks ainult 6 minutit, kuid aeg, mil inimene eksisteeris kehavälises olekus, tundub inimesele sageli palju pikem kliiniliselt surnud oleku ajast ehk antud juhul pikem kui 6 minutit. Selline aegade erinevus on surmalähedaste kogemuste ajal vägagi tavapärane.

> Analoogilise nähtuse leiab sellele relatiivsusteooriast, mille korral kulgeb aeg erinevates taustsüsteemides erinevalt ja seetõttu tekib nendel erinev ajavahe.

Pole kindlalt teada, et kas see inimesele ainult näib nii (s.t. tuleneb inimese teisenenud aja- ja ruumitajust) või on see ka reaalselt.

Surmalähedased kogemused esinevad vahel ka siis kui aju anokseemiat (s.t. aju verevaegust) ei esine, kuid seda siiski väga harva.

Inimese surma ehk üleüldise kõikide organismisüsteemide amortiseerumise korral esineb kolm etappi – esiteks agoonia, siis järgneb kliiniline/meditsiiniline surm ja siis bioloogiline surm.

> Agoonia ehk „surmaheitlus“ esineb pikaldase, näiteks raske haiguse tagajärjel saabuva surma korral. Sellisel juhul hingamine aegleneb, aegamisi kaovad ka pulss, teadvus ja refleksid.
>
> Pärast agooniat järgneb kliiniline surm. Selle peamisteks tunnusteks on

südamelöökide, pulsi ja hingamise lakkamine. Kui aga esineb väga suur trauma, siis ei pea ilmtingimata agooniat esinema. Tekib kohe kliiniline surm.

Pärast kliinilist surma läheb inimene üle ajusurmaks (ehk bioloogiliseks surmaks) umbes mõnekümne minuti möödumisel.

Kliiniline surm on südamesurm, kuid bioloogiline surm on ajusurm.

Kui patsiendi sensoorne, motoorne või vaimne võime lakkab eksisteerimast, siis see tähendab ka seda, et väheneb aju üldine või vastava piirkonna verevarustus. Nii on see näiteks inimese (aju) teadvuseta, komatoossetel, apallilistel, väga dementsetel või skisofreensetel isikutel. Inimese vereringe peatumise korral lakkab teadvus 15 – 20 sekundiga. Sellest hetkest on saabunud kliiniline surm. Kuid aju ei ole pöördumatult kahjustatud, sest kliinilisest surmast on võimalik inimene uuesti ellu tagasi tuua. Halvem juht esineb trauma ja suure verekaotuse korral. Aju võib surra ka enne südant insuldi või pähe saadud löögi tagajärjel. Sellisel juhul (ajusurmas) hoiab hingamisaparaat südant töös.

Kui inimene on liiga kaua teadvusetus seisundis, võib tal tekkida ajuturse, mis võib omakorda tekitada ajuverejooksu. Ajuturse võib purustada ajutüve ja sellele võib järgneda ajusurm. Aju alumine osa nimega ajutüvi kontrollib inimese hingamist ja südame tööd. Ajutüve aktiivsus hoiab seega kogu ülejäänud keha elus.

Verevarustuseta jäänud ajurakud lõpetavad kliinilise surma või ajusurma korral funktsioneerimise. Ajupiirkondade aktiivsused on muidu seotud neuronite laenglemistega. Näiteks neuronite töö kasvuga suureneb mingi kindla ajupiirkonna aktiivsus. Kuid neuronid vajavad töö tegemiseks palju energiat. See energia tuleb neile hapnikurikkast verest, mida pumbatakse otse südamest. Ajupiirkonna verevarustuse muutumisega kaasneb neuronite aktiivsuse muutumine, kuid ilmtingimata mitte alati. Hapnikurikka ja hapnikuvaese vere magnetilised omadused on aga erinevad sest, et inimese veres oleva hemoglobiini seob hapnikuga just raua aatom. Veri kannab hapnikku (eriti just ajju) organismi laiali. Vere rauavaegus võib põhjustada südameataki. See võib tekitada anokseemiat ehk hapnikuvähesust veres ja kudedes. Aju anokseemia korral jõuab ajju liiga vähe hapnikku. Hapnikupuudus ajus käivitab kahjulike keemiliste reaktsioonide ahela, mille lõpptulemusena ajurakud hävivad. Seda protsessi on võimalik aeglustada, kui inimest kohe pärast taaselustamist maha jahutada. Keha temperatuuri langemine annab elustamisele natuke aega juurde ja inimene saab palju vähem ajukahjustusi.

Millises järjekorras erinevad ajupiirkonnad üksteise järel surevad (või taasaktiveeruvad) ehk millises järjekorras jäävad ajupiirkonnad ilma vereta? See on suures osas veel teadmata, kuid teada on seda, et pärast südameseiskumist saavad kahjustada esimestena just ajukoor, hipokampus ja basaalganglionid. Need ajupiirkonnad vajavad teistest kõige rohkem hapnikku.

2.2.13 Inimese südame tegevus

Südame rütmilise töö tulemusena pumbatakse verd inimese kõikidesse keha osadesse, mille tagajärjel on inimese närvisüsteem elektrilises aktiivsuses. Näiteks erinevad ajupiirkonnad on aktiivsuses ehk seda läbivad miljardid närviimpulsid. Neuronipopulatsiooni elektriline aktiivsus ehk laenglemine ja närviimpulsside levimine on omavahel seotud. Kui aga südame töö täielikult seiskub, siis seega lõpeb ka närvisüsteemis olev elektriline aktiivsus ehk toimub miljardite närviimpulsside liikumise lakkamine närvisüsteemis, sest ajus olevate neuronite laenglemine ehk aktiivsus on enamasti seotud verevarustuse suurenemise ja (glükoosi) ainevahetuse kiirenemisega, kuid mitte alati. Südame seiskumise tagajärjel jääb seisma ka organismi vereringe.

Kui mingisugune ajupiirkond elektriliselt aktiveerub, siis seda piirkonda tabab hapnikurikas veri.

See tähendab seda, et mingisuguse ajupiirkonna aktiivsuse taga on ajurakkude hapnikutarbimine. Vere magnetilised omadused sõltuvad vere hapnikusisaldusest. Aktiivsetesse ajupiirkondadesse tulvab hapnikurikas veri. Seetõttu näitavad vere magnetilised omadused ajupiirkondade aktiivsuse ja ainevahetuse erinevusi.

Südamel on kaks poolt, mis on jagatud „vaheseinaga“. Mõlemal poolel on ülemises osas kamber ehk koda ja alumist osa nimetatakse vatsakeseks. Vatsakesed on kodadest suuremad. Hapnikuvaene veri tuleb südame parempoolsesse kodasse ja seda läbi ülemise ning alumise õõnesveeni. Kopsudesse jõuab veri läbi kopsuarteri paremast vatsakesest. Hapnikurikas veri jõuab kopsudest tagasi südame vasemasse kodasse läbi kopsuveenide. Hapnikurikas veri jõuab keharakkudesse läbi aordi (suure arteri), millesse pumpab verd südame vasem vatsake.

Südame verega täitumise korral sulguvad poolkuukujulised klapid, et veri ei saaks südamesse tagasi voolata aordist ja kopsuarterist. Kuid südame vere tühjaks voolamise korral sulguvad kodade ja vatsakeste vahelised klapid, et veri ei voolaks tagasi kodadesse. Südame mõlemad vatsakesed täituvad verega ja siis tõmbuvad kokku, et veri südamest välja paisata. Kõik see toimub ühe südamelöögi jooksul. Südame parema koja seinas olev „sammulugeja“ kontrollib igat südamelöögi rütmi ajas. Väikesest klapist südame kojas saab alguse iga südamelöök. Klapp sunnib südameseinu kokku tõmbuma saates neile elektriimpulsse ehk närviimpulsse. Need impulsid tulevad ajust ja seda kontrollivad ka veres olevad hormoonid.

Iga südamelöök koosneb diastolist, kodade süstolist ja vatsakeste süstolist. Diastoli ajal täituvad südame mõlemad kojad verega. Kodade süstoli ajal suruvad kojad vere vatsakestesse tõmbudes ise kokku. Kuid vatsakeste süstoli ajal tõukavad vatsakesed vere südamest välja ise kokku tõmbudes. Need kolm etappi järgnevad üksteisele kindlas ajalises järjestuses.

2.2.13.1 Süda bioelektrilise süsteemina

Inimese süda on kui bioelektriline süsteem, täpselt nii nagu inimese ajugi. Näiteks südamelihase erutustekke ja erutusjuhtesüsteemi rakumembraanid sarnanevad dipoolkihiga täpselt nii nagu närvirakud ajus. Rakumembraani välispind on võrreldes sisepinnaga positiivse elektrilaenguga. Dipoolkihti meenutav rakumembraan võib depolariseeruda mõne välise ärritaja tõttu. Sellisel juhul levib mööda rakumembraani pinda depolariseerumislaine sarnaselt nii nagu levib neuronite aksonites närviimpulss. Erutusimpulss, mis tuleb sinuatriaal- ehk siinussõlmest, põhjustab südame kokkutõmbumise. Südame lihase elektripotentsiaalide muutusena leviv erutuslaine põhjustabki südame süstoli ehk müokardi kokkutõmbumise. Need elektripotentsiaali muutused avalduvad lõpuks ka inimese keha pinnal, sest need levivad üle kogu keha. See tähendab seda, et depolariseerumislaine levib südametsükli ajal südame pinnal, mis põhjustab inimese erinevates keha osades elektripotentsiaalide muutusi.

2.2.13.1.1 Elektrinähtused südames

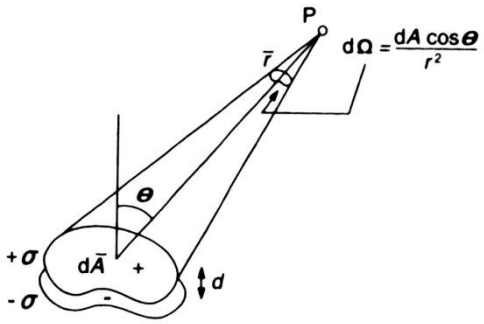
Südamelihase erutustekke ja erutusjuhtesüsteemi rakud sarnanevad närvirakkudega ehk neuronitega, kuna nende rakumembraan sarnaneb dipoolkihiga. Sellisel juhul on rakumembraani välispind positiivse laenguga ja sisepind negatiivse laenguga. Selline rakumembraan võib depolariseeruda, kui sellele mõjub väline ärritaja. Tekkiv depolariseerumislaine leviks mööda rakumembraani pinda, mis sarnaneks närviimpulsi levimisega aksonis. Erinevus seisneb selles, et närviimpulss kestab umbes 1 millisekund, kuid südame vatsakese töömuskulatuuri erutusimpulss

kestab umbes 300 millisekundit.

Erutusimpulss, mis lähtub sinuatriaal- ehk siinussõlmest, põhjustab südame kokkutõmbumise. Südamelihase elektriliste potentsiaalide muutusena hakkab levima erutuslaine, mis põhjustab müokardi kokkutõmbumise. Viimast nimetatakse meditsiinis süstoliks. Sellised elektrilised potentsiaalimuutused levivad üle kogu keha ja avalduvad ka keha pinnal. Spetsiaalne aparaat, mida nimetatakse elektrokardiograafiks, võimaldab potentsiaalierinevusi registreerida. Sellisel juhul kinnitatakse inimese keha nahale elektroodid. See võimaldab luua inimese südamest elektrokardiogrammi ehk EKG, mis näitab südame elektrilist aktiivsust visuaalse graafikuna.

2.2.13.1.2 Dipoolikihi potentsiaal

Dipoolkihi potentsiaal ja erisuguste impulsside tekkimine on elektrokardiogrammi mõistmise aluseks. Selleks tähistame rakumembraani pinnaelementi dA-ga, laengutihedust välispinnal $+\sigma$ (ühikuks C/m^2) ja sisepinnal $-\sigma$ ning rakuseina paksust ehk laengujaotuste kaugust üksteisest d. Joonis:



Pinnaelement on elektrilise dipooli mudeliks, mille korral on laengud $+\sigma dA$ ja $-\sigma dA$ üksteisest kaugusel d. Punktis P on pinnaelement-dipooli potentsiaal võrrandi

$$V_P = \frac{Q}{4\pi\varepsilon}\frac{lcos\varphi}{r^2}$$

põhjal järgmiselt:

$$dV = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\frac{\sigma \mathrm{d}Acos\theta d}{r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\sigma d\mathrm{d}\Omega$$

Selles on θ pinnaelemendi normaali ja $\bar{r}$ vaheline nurk ning $d\Omega$ on ruuminurk, millisena dA paistab punktist P vaadatuna.

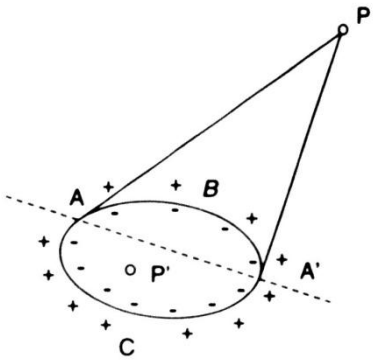
Võime oletada, et laengutihedus σ ja rakuseina paksus d on konstandid. Kui me integreerime üle kogu pinna A, siis saame punktis P potentsiaali väärtuseks järgmiselt:

$$V_P = \int dV = \frac{\sigma d}{4\pi\varepsilon}\int_A d\Omega = \frac{\sigma d}{4\pi\varepsilon}\Omega$$

milles on Ω ruuminurk, millelt paistab kogu pind A:

$$d\Omega = \frac{dAcos\theta}{r^2}$$

Rakumembraan on suletud pind (suletud dipoolkihiga), kuna selle välisküljel on positiivne ja siseküljel negatiivne elektrilaeng. Sellisel juhul lakkab potentsiaal välispinnal, kuna pinnad ABA' ja ACA' paistavad punktist P samas ruuminurgas ja nende laengujaotused taandavad üksteist punktist P vaadates. Joonis:



Pinna välisküljel võrdub potentsiaal:

$$V_u = V_{ABA'} + V_{ACA'} = \frac{\sigma d}{4\pi\varepsilon}\Omega - \frac{\sigma d}{4\pi\varepsilon}\Omega = 0$$

Kuid pinna sisepoolel punktis P' võrdub potentsiaal järgmiselt:

$$V_s = -\frac{\sigma d}{4\pi\varepsilon}4\pi = -\frac{\sigma d}{\varepsilon}$$

Selles on 4π täielik ruuminurk, kust paistab pind. Viimased kaks avaldist annavad meile potentsiaalivahe pinna välisküljel ja siseküljel:

$$\Delta V = V_u - V_s = \frac{\sigma d}{\varepsilon}$$

Viimane annab meile võrrandi

$$V_P = \int dV = \frac{\sigma d}{4\pi\varepsilon}\int_A d\Omega = \frac{\sigma d}{4\pi\varepsilon}\Omega$$

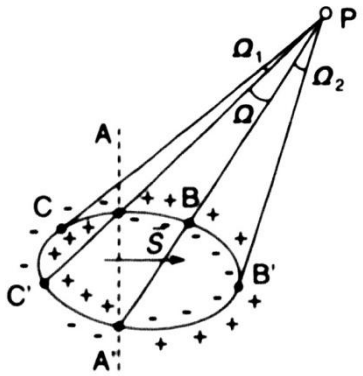
kujuks:

$$V_p = \frac{\Omega}{4\pi}\Delta V$$

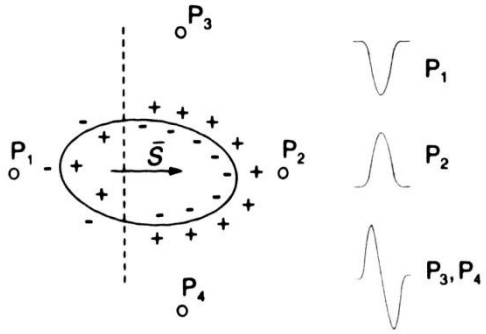
Depolariseerumislaine, mis levib mööda suletud pinda, potentsiaal välispinnal muutub. Depolariseerumislaine AA' korral ei mõjuta pinnad AC'C ja BB'A' potentsiaali punktis P. Pindadel AB ja A'C on ühesugune polaarsus. Punktis P avaldub potentsiaali hetkväärtus järgmiselt:

$$V_p = \frac{\Omega}{2\pi}\Delta V$$

Depolariseerumislaine levimise korral muutuvad ruuminurk Ω ja potentsiaal V. Joonis:

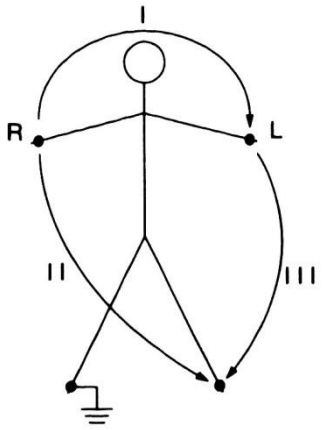


Potentsiaalimuutused on põhjustatud kinnise pinna depolariseerumisest. Potentsiaali V muutused ajas erinevates punktides on võimalik esitada skemaatiliselt. Ruuminurga Ω ja pindade AB ning CA' polariseerumissuundade muutumine aitab seletada erinevaid impulsikujusid. Joonis:



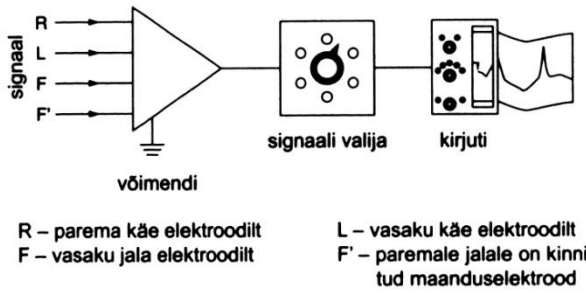
2.2.13.1.3 Elektrokardiogramm

Südame pinnal levib südametsükli ajal depolariseerumislaine. See põhjustab elektriliste potentsiaalide muutusi ka keha erinevates osades. Neid muutusi on võimalik registreerida spetsiifiliste aparaatide abil. Saadakse erineva kujuga impulsse, kuna need sõltuvad mõõtepunktidest. Näiteks mõõtepunktid võidakse valida selliselt, mille korral on elektroodid kinnitatud kätele ja jalgadele. Sellisel juhul on elektrood, mis on ühendatud parema jala külge, maandatud. Joonis:

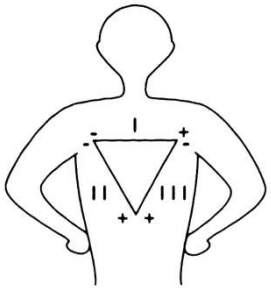


Elektrokardiograafi abil mõõdetakse potentsiaale. Elektrokardiograaf on seade, mis võib anda ühe

või mitu graafikut korraga. Joonis:



Potentsiaale mõõdetakse kätelt ja jalgadelt sellepärast, et käed ja jalad on head elektrijuhid ning nendelt mõõdetud potentsiaalid sarnanevad selliste potentsiaalidega, mis saadakse ka Einthoveni kolmnurgast. Joonis:



Need on potentsiaalid, mis saadakse teatud kaugusel südamest oleva tasapinnalise kolmnurga punktidest. Potentsiaale tähistatakse järgmiselt:

$$V_I = V_L - V_R$$

$$V_{II} = V_F - V_R$$

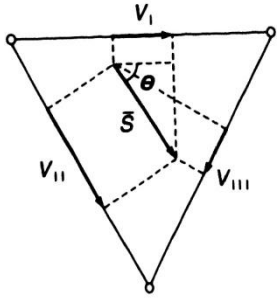
$$V_{III} = V_F - V_L$$

Nende potentsiaalierinevuste vahel on seos:

$$V_{II} = V_I + V_{III}$$

Seda nimetatakse Einthoveni seaduseks.

Üle kogu südame levivat depolariseerumist kujutatakse matemaatiliselt südamevektorina $\bar{S}$, mis on südame elektrivälja kujutav vektor. Joonis:



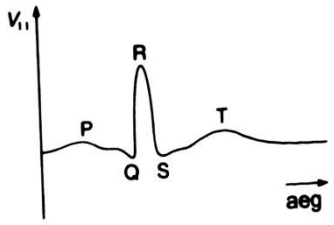
Kolmnurga külgede suunaliste vektoritena kujutatakse potentsiaali erinevusi V_I, V_{II} ja V_{III}. Need avalduvad võrranditena järgmiselt:

$$V_I = S\cos\theta$$

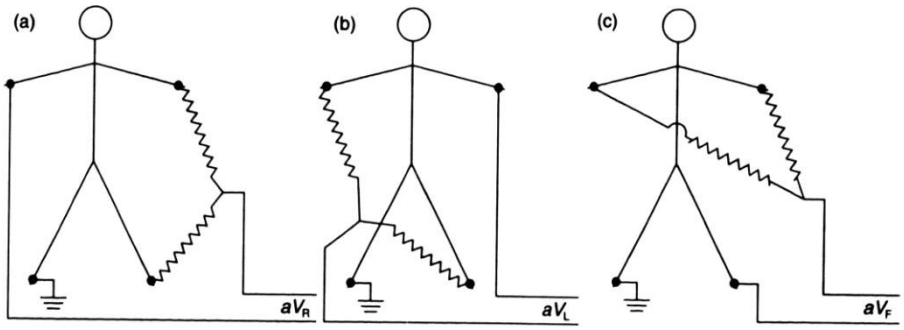
$$V_{II} = Scos(60^0 - \theta) = S\left(\frac{1}{2}cos\theta + \frac{\sqrt{3}}{2}sin\theta\right)$$

$$V_{III} = Scos(120^0 - \theta) = S\left(-\frac{1}{2}cos\theta + \frac{\sqrt{3}}{2}sin\theta\right)$$

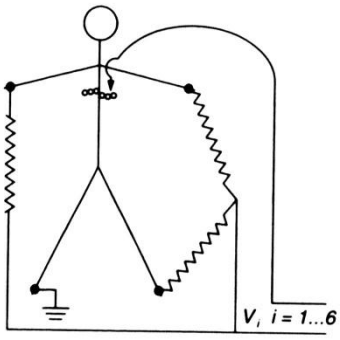
Tüüpilise EKG-kõvera peal on näha P-sakki, mis tekib südame kodade depolarisatsiooni ajal. See põhjustab potentsiaali muutuse, mida me näemegi EKG-kõvera peal tähistatud tavaliselt P tähega. EKG-kõvera peal näeme ka üsna kerget kohalikku miinimumi. Seda loetakse Q-sakiks, mis tekib vatsakeste vaheseina depolariseerumise käigus. Vatsakeste enda depolarisatsiooni näitab R-sakk. EKG-kõvera peal näeme ka nõrka negatiivset väljalööki. Seda loetakse S-sakiks, mis tekib vasaku vatsakese seina depolarisatsiooni käigus. T-sakk tekib vatsakeste repolarisatsiooni käigus. Joonis:



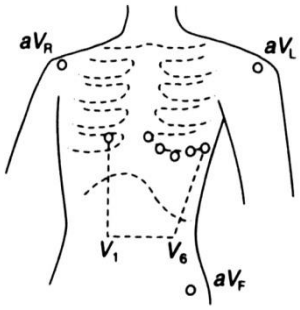
EKG mõõtmisel kasutatakse vahel ka aV_R, aV_L ja aV_F lülitusi, millega mõõdetakse pinget nii, et ei peaks EKG-kõver oluliselt muutuma. Tavaliselt on takistuse väärtus 5 kΩ. Joonis:



Lülitustel V_1 – V_6 saadakse südamevektorist infot kolmemõõtmeliselt. Joonis:



Inimese rindkerele asetatakse mõõteelektroodid erinevatesse kohtadesse järgmiselt:



Elektroodide asetused potentsiaalide V_1 – V_6 mõõtmisel on järgmised:

V_1 on neljandas roidevaheruumis rinnakust paremal.

V_2 on neljandas roidevaheruumis rinnakust vasakul.

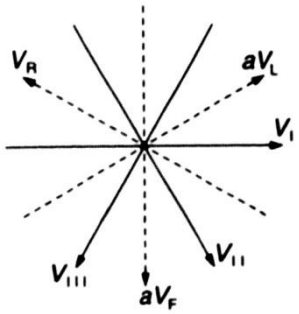
V_3 on V_2 ja V_4 vahel.

V_4 on viiendas roidevaheruumis rangluu keskkohal.

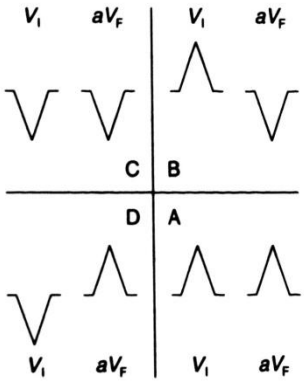
V_5 on viiendas roidevaheruumis kaenlajoonel.

V_6 on viiendas roidevaheruumis kaenla keskjoonel.

Kui me kujutame potentsiaale aV_R, aV_L ja aV_F vektoritena, siis nende suunad poolitavad V_I, V_{II} ja V_{III} vahelisi nurki. Vektorid näitavad mõõteelektroodide suunda lähtuvalt südamest. Näiteks R näitab paremat kätt, L vasakut kätt ja F vasakut jalga. Joonis:



Potentsiaalide V_I ja aV_F võrdlus annab meile samuti andmeid südamevektori suunast. Need potentsiaalid võivad olla positiivsed või negatiivsed, kuid see sõltub südamevektori suunast. Südamevektor asub tavaliselt veerandis A. Näiteks kui toimuks pöördumine veerandi võrra B suunas, siis see tähendaks kopsupaisu koos parema vatsakese laienemisega. Kuid pärgarterite ja aordiklapi haigestumist viitaks pöördumine veerandi D suunas. Joonis:



EKG-kõverate tõlgendamine on tegelikult üsna keeruline. See tuleneb sellest, et organismid on üsna mitmekesised ja bioloogilised tegurid on pidevas muutumises. Seetõttu tõlgendavad elektrokardiogrammi õigesti pigem kogenud südamearstid. Nad tõlgendavad EKG-kõveraid vastavalt oma varasematele kogemustele ja seetõttu oskavad nad panna ka õigeid diagnoose.

2.2.13.1.4 Südameinfarkt

Terviseprobleemid, mis on süvenenud pikkade aastate jooksul, võivad viia südameinfarktini. Sellist hädaolukorda kogetakse minutite või tundide jooksul. Südameinfarkt ja südame seiskumine ei ole üks ja sama nähtus. Südameinfarkti põhjustab vereringe halvenemine, kuid südame seiskumist põhjustab elundi elektriline rike. Süda kui lihaseline organ lööb täiskasvanul inimesel umbes 100 000 korda päevas. Süda pumpab hapniku- ja toitaineterikast verd inimese kehasse umbes 5 liitrit minutis. Süda pumpab verd esmalt kopsudesse, mille tulemusena saavad kopsud hapnikku. Selle järel jõuab veri arteritesse ja ajju, seedetrakti ja ülejäänud kudedesse.

Kaks primaarset koronaararterit varustavad südamelihast hapniku ja toitainetega. Kuid need ahenevad ateroskleroosi tõttu kõige sagedamini. Ateroskleroos on rasvanaastude kogunemine arterite seintele, seega on ateroskleroos arterite lubjastumine. Aterosklerootilised naastud on seest pehmed, kuid väljast kõvad. Need põhjustavad arterite jäikust. Vahel võib juhtuda nii, et praguneb naastude kõva välispind. Tekkivate pragude külge võivad kleepuda trombotsüüdid, mis on vere komponentideks. Niimoodi tekivad verehüübed, mis põhjustavad veel rohkem arterite ahenemist.

Tromb võib täielikult peatada südame verevarustuse, kui arterite ahenemine ateroskleroosi tõttu on toimunud juba pikki aastaid. Kui naastud murduvad, siis võivad need liikuda läbi arteri. See süvendab ummistust veelgi ja seda palju kiiremini. See võib viia südameinfarktini, mille korral saavad südamelihase rakud kahjustada verevarustuse peatumise tõttu. Pärast seda hakkavad need surema mõne minuti vältel.

Südamelihase verevarustust võib peatada ka äkiline koronaararterite seinte spasm või kokkutõmbumine. See põhjustab südameataki. Suitsetajatel ja inimestel, kellel on kõrge kolesterool või vererõhk, esinevad selliseid spasme kõige sagedamini. Spasmid võivad olla põhjustatud ka stimulantide kasutamisest.

Südameinfarkti võib ära tunda järgmiste ilmingute korral:

1. Rinnus tekib valu või ebamugavustunne. Südameinfarktidega kaasneb enamasti ebamugav survetunne, pigistamine, täiskõhutunne või valu rindkere keskel või vasakul küljel. Ebamugavustunne võib kesta üle kahe minuti. Kuid vahel see lihtsalt tekib, kaob ja tekib uuesti.

2. Valu või ebamugavustunne võib tekkida ka ülakeha muudes piirkondades (näiteks lõug, kael, selg, käed või õlad).

3. Tekib õhupuudus, nõrkustunne, peapööritus, ebatavaline või seletamatu väsimus, iiveldus või oksendamine.

Peamiseks ilminguks on valu või ebamugavustunne rinnus. Ülejäänud südameinfarkti ilmingud on meestel ja naistel erinevad. Näiteks naised kogevad rohkem ebatavalist või seletamatut väsimust, iiveldust või oksendamist.

> Valu rinnus on südameinfarkti klassikaline ilming. Selline intensiivne valu võib olla pigistav, rõhuv, põletav, suruv, terav, ängistav või tuim. Kuid peale selle võib valu liikuda ühte või mõlemasse kätesse, selja abaluude vahelisse piirkonda, lõualuudesse, kaela või õlgadesse. Näiteks kui häirub südame allseina verevarustus ja tekib infarkt, siis võib ilmneda valud seedetraktist, näiteks ülakõhuvalu, iiveldus või oksendamine. Infarktiga võib kaasneda vererõhu langus või tõus, samuti ka rütmihäired (südamekloppimine või südametöö häirumine). Inimesel, kel esineb üsna intensiivne valusündroom, tekib jõuetuse tunne ja nahal tekib külm higi. Vahel kaob ka teadvus. Kui südame verevarustus ei taastu, siis sureb südamelihas.
>
> Kõikidest infarktidest umbes 10 protsenti esinevad valu puudumisega. Ebatüüpilised ilmingud esinevad kõige rohkem diabeetikutel, naistel ja eakatel. Näiteks naistel on hingeldus ja õhupuudus sagedasemad infarkti tunnused võrreldes meestega. Sümptomid, mida peetakse infarktieelseteks, võivad esineda päevi või nädalaid enne infarkti saabumist.
>
> Naistel ja meestel on erinevad infarkti tekkimise mehhanismid, kuid sarnane on näiteks elukestev südame-veresoonkonnahaiguste (SVH) risk. Näiteks põevad naised infarkti vanemas eas, kuid mehed pigem nooremas eas. Kuid pärast 65. eluaastat see muutub võrdsemaks ehkki naisi on ikkagi pisut rohkem.

2.2.13.1.5 Allikas

„Santorius, Elusa looduse füüsika“, Peter Holmberg, Juha Perkkiö, Erkki Hiltunen, Kirjastus Ilo ja tõlkija, 2007.

2.2.14 Aju hapnikuvaegus

Kui aju saab ohtlikult vähe hapnikku, siis hakkab aju eritama suurel hulgal mitmesuguseid virgatsaineid (näiteks dopamiini ja noradrenaliini). Selline aju reaktsioon ohtlikule hapnikuvaegusele on alati ühesugune. Lisaks nendele hakkab aju eritama ka selliseid mediaatoreid, mille tagajärjel hakkab inimese süda seiskuma kõigest mõneminutilise hapnikupuuduse tõttu.

> Esimese minuti jooksul suureneb aju otsmikusagaras noradrenaliini hulk kuni 30 korda, dopamiini sisaldus 7 korda ja gamma-aminovõihappe (GAVH) kogus kuni 20 korda suuremaks. Viimane on ajule rahustava toimega ja seetõttu aeglustub ajurütm.
>
> Teisel minutil suureneb suurajukoes serotoniini hulk kuni 20 korda. Kuid GAVH ja serotoniini taseme märgatav tõus põhjustab ka südame seiskumist.
>
> Neljandal minutil lõpeb ajuaktiivsus ja südame löögi tegevus. Pärast seda on saabunud surm.

Enne südame ja aju töö täielikku lakkamist suureneb plahvatuslikult virgatsainete hulk inimese ajus. See tähendab, et surma lähenedes suureneb inimese ajus virgatsainete hulk plahvatuslikult. Aju nägemiskeskuse ja otsmikusagara keemiline aktiivsus suureneb mitmekordseks. Otsmikusagar on aju osa, mis juhib inimese teadvust ja mõtteid. Just sellel aspektil on loodud hulk erinevaid teooriaid SLK nähtuse teaduslikuks seletamiseks. Ollakse teaduslikult veendunud, et inimese kehaväliseid kogemusi ja SLK-sid põhjustab virgatsainete konsentratsiooni taseme plahvatuslik tõus enne aju ja südame töö lakkamist:

> „Ajukoore vallandumise sündroomi all mõistetakse seda, et teatud ajupiirkonnad jäävad hapnikuta ja selle tulemusena tekivad inimesel alati kindlad tajuaistingud. Näiteks hakkavad neuronid oimusagarates suvaliselt tõmblema, kui veri sealt välja valgub. Kuna aju oimusagaratesse salvestuvad mälestused, siis vallanduvad seal inimese mälestused ja kunagi kogetud tunded. Ajukoore nägemispiirkonna kahjustamise korral jäävad hapnikuta aju kiirusagarad, mis põhjustab tunde hõljumisest või tunnelite nägemist. Ereda valguse kogemist põhjustab aga aju kuklasagaratest vere välja imbumine.“ (Allikas: dokumentaal-film „Life after death, a skeptical inquiry“, executive producer: Erik Nelson)

Arvatakse olevat, et see (SLK) on aju reaktsioon ohtlikule hapnikuvaegusele, mis esineb mõned minutid enne aju ja südame töö lakkamist:

> „Aju oimusagarad hakkavad vallandama neurotransmittereid ka siis, kui aju ei saa kaua aega hapnikku. Vallandub elektromagnetiline energia, mis võibki tekitada SLK-sid. Hõljumise ja lendamise tunne, müstilised kogemused, kehaväline tunne, mälestuste taasaktiveerumine, deja vu kogemus – kõiki neid tundeid võib põhjustada oimusagara teatud piirkondade liiga suur aktivatsioon. Ka magama jäädes võivad inimesel tekkida tunneli kogemused. Kuid neid võivad tekitada ka narkootikumid, nagu LSD või meskaliin.“ („Life after death, a skeptical inquiry“, executive producer: Erik Nelson)
>
> „Inimese psühholoogia määrab ära selle, kellena nähakse valgusolendit. Näiteks inimese eraelu, mälestused, ühiskond jne. Näiteks kristlased näevad Jeesust, kuid samas mittekristlased näevad teisi jumalusi. Vahel nähakse ka varem surnud lähedasi inimesi. Inimkeha pingestavad situatsioonid (nagu näiteks operatsioon, insult, infarkt, autoavarii, uppumine jne) vallandavad ajus neurokeemilised reaktsioonid. Surmalähedasi kogemusi on kirjeldatud väga sarnaselt juba tuhandeid aastaid. Just kirjelduste sarnasus näitab seda, et SLK-d on aju erinevate funktsioonide tagajärg. SLK-d näitavadki seda, kuidas inimene sureb. SLK-d on sureva aju viimaste funktsioonide vallandumine.“ („Life after death, a skeptical inquiry“, executive producer: Erik Nelson)

Neuroteaduslik fakt on see, et mõned minutid enne aju ja südame töö täielikku lakkamist esineb tõepoolest virgatsainete konsentratsiooni plahvatuslik suurenemine inimese ajus (mida arvataksegi olevat põhjuseks inimese SLK-de kogemuste esinemistele), kuid inimese reaalne kehast väljumine toimub hoopis sellest järgneval ajaperioodil ehk pärast virgatsainete ühendite keemilist möllu

inimese ajus. Selle kohta on isegi dokumenteeritud tõendeid:

> Näiteks Pam Reynoldsi juhtum, mis on üks paremini dokumenteeritud nn surmalähedase kogemuse juhtumeid ajaloos. Tähelepanuväärne on selle juhtumi puhul ajahetked, mil erinevaid toiminguid läbi viidi. Arsti lõikus kestis umbes 7 tundi ja patsiendi vaatlused viitasid väga tugevast ja selgest nägemisest ajal, mil haige patsiendi ajutegevus oli lakanud ning silmad suletud. Juhtum on väga detailselt ja hästi dokumenteeritud. Sellest tulenevalt on tähelepanuväärne see, et ajahetkel, mil ajutegevus ja südame töö olid lakanud (ehk virgatsainete töö mõju oli sisuliselt olematu), suutis surnud patsient kirjeldada väga täpselt tema kallal tehtavaid operatsiooni toiminguid, mis toimusid samuti täpselt sellisel ajahetkel, mil tema südame ja aju töö olid juba lakanud. Sellisel juhul ei saa seda enam seletada virgatsainete tegevusega ehk lihtsustatult ajukeemiaga, sest sellisel ajahetkel (mil inimese aju ja süda enam ei töödanud) on nende mõju praktiliselt olematu. See näitab selgelt ka seda, et reaalne kehast väljumine ilmneb just pärast aju ja südame töö lakkamist ehk pärast virgatsainete möllavat staadiumit ajus.

> „Kuna SLK-de kogemuste ajal on inimestel ajulained kadunud (ja nende ajud ei ole normaalselt töötanud), siis seega teadvus ei sõltu töökorras ajust. Sellegipoolest nad tulevad uuesti teadvusele.“ („Life after death, a skeptical inquiry“, executive producer: Erik Nelson).

2.2.15 Valgus

Ajusurm esineb inimesel bioloogilise surma korral. Inimese „reaalne“ kehast väljumine toimub just pärast aju ja südame töö lakkamist ehk pärast virgatsainete möllavat staadiumit ajus (s.t. kliinilise surma ajal, mitte kliinilise surma saabudes). Bioloogilise surma ja ka kliinilise surma ajal oleval inimesel ei tohiks üldse mingeid tundeid esineda, ega ka näha või kuulda. Seda, et inimene üldse midagi kogeb näiteks ajusurmas olles, ei oleks tavameditsiini järgi üldse võimalik – ükskõik kuidas me neid nähtusi ka tõlgendame. Surnud inimene ei tohiks ju üldse midagi näha, kuulda ega tunda.

> „Kuna SLK-de kogemuste ajal on inimestel ajulained kadunud (ja nende ajud ei ole normaalselt töötanud), siis seega teadvus ei sõltu töökorras ajust. Sellegipoolest nad tulevad uuesti teadvusele.“ („Life after death, a skeptical inquiry“, executive producer: Erik Nelson). Siit tuleb esile ka teine järeldus. Kui teadvus ei sõltu töökorras ajust, siis ei ole tal seda ka vaja. Teadvuse eksisteerimiseks ei olegi vaja aju olemasolu. Järelikult teadvus võib „mingisuguses mateeria vormis“ ajust eralduda – ühest ruumist teise (ajuruumist lahkuda). Niimoodi võib täiesti vabalt teaduslikult järeldada. Kuid mis on see „miski“, mis eraldub ajust?

Kui teadvus eksisteerib ajust eraldatuna mingisuguste seni tundmatute mateeria vormidena, siis ilmnevad teatud probleemid. Näiteks kui on tegemist mingisuguste tundmatute seni avastamata mateeria vormidega, siis võivad ilmneda probleemid just nende mateeria vormide olemasolu kindlaks tegemisel.

> Siin kohal on kasulik tuua välja mõned näited. Näiteks füüsikateooriates ennustati selliste elementaarosakeste olemasolu, mida nimetatakse neutriinodeks. Neutriinod avastati nende teoreetilise ennustamise algusest umbes paarkümmend aastat hiljem, sest neid oli väga raske eksperimentaalselt kontrollida ja uurida, mida on siiski ka

tehtud. Kuid neutriinod ei ole kaugeltki ainsad „teaduse uperpallid“, mis on valdavalt keerulise iseloomuga meie kaasaegsetele eksperimentaalsetele riistapuudele.

Näiteks astronoomia teaduses teatakse juba aasta kümneid tumeda aine olemasolu avakosmoses. Kuid mitte keegi ei oska endale ettekujutada seda, et mis see tume aine füüsikaliselt on. Teada on ainult seda, et tume aine avaldub ainult gravitatsioonis ja muud ei ole sellest midagi teada. Eksperimentaalselt uurida tumedat ainet on ammugi võimatu. Kuid see on siiski olemas hoolimata teadlaste praegustest puudulikest füüsika teadmistest.

Kui tõepoolest teadvus eraldub inimese ajust mingisuguse senitundmatu mateeria vormina, siis seda eksperimentaalselt tõestada on peaaegu võimatu, olgugi et füüsika teaduslikult oleks see siiski võimalik. Üldteada ja tuntud reegel on see, et mis jääb eksperimentaalsete katsete võimalustest väljapoole, jääb väljapoole ka teadust ehkki nähtus ise võib tegelikult siiski olemas olla.

Kui inimene sureb, siis pärast ägedate valude asendumist üldise rõõmu- ja rahutundega tunneb inimene äkki enda tõusmist taeva poole. Ta näeb eemalt (enamasti enda alla vaadates) oma füüsilist keha. Inimene tajub enda olemist nüüd juba teistsuguses kehas - „vaimkehas“. Ta tunnetab oma füüsilisest (maisest) kehast eraldatuna. Enamasti ei kirjeldata oma uut keha, mida nähakse ja tajutakse surmalähedastes kogemustes.

Kuid mõned inimesed on seda kirjeldanud kui energiaväljana (füüsikas on energiaväljaks enamasti elektromagnetväli) või värvilise pilvena. Moodyl õnnestus kord saada ühe inimese käest oma vaimkeha kirjeldusi. Ta nägi oma kätt koosnevat väga väikestest „valguskübemetest“.

Surmalähedastes kogemustes näevad inimesed sageli just „valgusolendeid“ (eluvormid, kes eksisteerivad ainult valgusena). Valgusolendites nähakse oma kadunuid sugulasi, varem surnuid sõpru või tuttavaid. Seetõttu viitabki selline asjaolu sellele, et need „ebamaised“ olendid eksisteerivad elektromagnetväljana, sest valgus on ju füüsikaliselt elektromagnetlaine. Kuna kehast väljudes näeb inimene ennast samuti just valgusena, siis järelikult eralduvad inimese kehast (täpsemalt närvisüsteemist) just füüsikalised väljad, mida tuhanded neuronid oma laenglemistega tekitavad. Ajust eralduvad füüsikalised väljad elektromagnetlainetena.

Näiteks neuronite laenglemiste „asemel“ eksisteerivad ainult elektromagnetlained. See tähendab seda, et aju (närvisüsteemi) asemel on nüüd elektromagnetlaineid kiirgav „ruumi osa“, mis sarnaneb näiteks maailmaruumis eksisteeriva tähega – ka täht „kui ruumi osa“ kiirgab välja valgust ehk elektromagnetlaineid.

http://elutark.delfi.ee/heateada/allergia-paikesest-pole-voimatu?id=71653495

Joonis 1 Kehavälises olekus eksisteerib inimene ainult valgusena. Seega inimese bioloogiline keha on valgusolendi „kehast“ palju kordi keerulisem.

Visuaalselt kujutab kehast väljunud inimene endast kui ühte suurt valgust. Seetõttu nimetatakse kehast väljunud inimest ka „valgusolendiks“. Valgusolendi korral on visuaalselt näha väga suure intensiivsusega valguskuma. Sellised eluvormid eksisteerivad ainult valgusena. Selline asjaolu on tingitud just sellest, et kehast väljunud inimene eksisteerib elektromagnetväljana ja valgus on laineteooria järgi elektromagnetlaine.

> Kvantteooria järgi on valgus aga osakeste (footonite) voog. Füüsika õpetab meile seda, et osakesed nimega footonid on elektromagnetilise vastastikmõju vahendajaks, mida me tajume valgusena, kuid sedagi ainult kindlatel lainepikkuste vahemikus.

Seepärast näebki kehast väljunud inimene välja valgusena, sest elusolendi eksisteerimise füüsikaliseks aluseks ei ole rakuline keha, vaid puhas elektromagnetväli. See on ka peamine põhjus, et miks inimesed näevad oma surmalähedastes kogemustes just valgusolendeid – mitte mingisuguse muu väljanägemisega elusolendeid.

> Maailma religioonides aga nimetatakse üldiselt valgusolendeid „ingliteks“. Juba Piiblis nimetatakse „säravas valguses helkivaid olendeid“ ingliteks, keda mõistetakse Jumala teenritena/saadikutena.

Valgusolend kiirgab elektromagnetlaineid (nagu taeva tähed) ja sellepärast näevadki nad välja just valgusena (nagu näiteks meie Päike sinises taevalaotuses). Kuna füüsikalised väljad eralduvad just närvisüsteemist ja selles süsteemis olevate neuronite laengute suurused (õigemini nende laengute väljade tugevused) on üksteisest väga erinevad, siis järelikult olend ka kiirgab erinevate sagedustega ja erinevate lainepikkustega elektromagnetlaineid.

> Lihtne oleks järeldada, et inimese ajust eraldunud elektromagnetlainete sagedused ühtivad ajulainete sagedustega, sest ajust elektromagnetväli ju eraldus. Tegelikult see nii aga ei ole. Kuna SLK-des on nähtud just eredat valgust kiirgavaid inimkujusid ehk olendeid, siis seega kiirgab valgusolend ehk kehast väljunud inimene kõiki valguslaine sagedusi (ja lainepikkusi), mis ei ühti kuidagi ajulainete sagedustega. Ei ole täpselt teada, et kas valgusolend kiirgab valguslaine sagedustest ka suuremaid või väiksemaid sagedusi nagu näiteks raadiolaineid või infrapunakiirgust. Kuid teoretiseerida ikka võib.

Elektrilised signaalid närvisüsteemis liiguvad mööda neuronite neuriite ehk aksone. Neid neuriite ümbritseb palju rasvataolist ainet, mida nimetatakse müeliiniks. See müeliinikest sarnaneb elektrijuhtme plastikisolatsiooniga, mis ka kiirendab elektrilise signaali liikumist ajus. Kuid neuronite laenglemine ei ole ümbritsevast keskkonnast isoleeritud. Kui neuron laengleb, tekitab see enda ümbritsevas ruumis elektrivälja, nagu laetud osake. Ajus on miljoneid laenglevaid neuroneid ja kõikide nende neuronite poolt loodud laengute väljade tugevused (seega energiad) on omavahel erinevad ehk seega neuronite laengute väljad on erinevate teadvuse teooriate järgi omavahelises konfiguratsioonis. Ja kui kõik need väljad eralduvad neuronipopulatsioonidest, siis koos sellega ka väljade konfiguratsioon, millel omakorda põhineb inimese teadvus ja psüühika. See tähendab seda, et väljade eraldumine ajusüsteemidest iseenesest ei põhjusta teadvuse eraldumist ajust, vaid ajust eraldunud väljade (elektromagnetlainete) omavaheline konfiguratsioon. Neuroni laenglemise poolt tekitatud väli iseenesest ei oma mingit infot, vaid info tekitab selle neuroni laengu välja konfiguratsioon teiste neuronite laengute väljadega. Täpselt sama on ka elektromagnetlainetega.

Teadvuse seisundi tekkimiseks oleks vajalik (ilmselt tarvilik) ajus olev informatsioon omavahel

sõlmida, sest ajus töötlevad näiteks objekti kuju, suurust ja värvust just erinevad ajupiirkonnad. Informatsiooni sõlmimine on tegelikult vajalik nii teadvuse seisundi kui ka teadvuse sisu tekkimiseks. Enamasti on see sõlmimine ka õige. See tähendab seda, et teadvustatud kujutis on alati sõlmitud. Ka surmalähedaste kogemuste ajal kogetakse ühtset teadvuse pilti. Seepärast on alust arvata, et just see „sõlmitud informatsioon“ eraldub ajust elektromagnetlainete omavaheliste konfiguratsioonidena.

Informatsioon liigub närvisüsteemis ühelt neuronilt teisele närviimpulsi abil, mille olemus seisneb laengute polarisatsiooni muutuse levimises mööda närvikiude. Kuid kehast väljumise olekus (ehk eksisteerides ainult kiirgusena) on nende närviimpulside asemel (elektromagnet)laine sageduse (ja seega ka lainepikkuse) muutumise levimine lainete jadas.

Ei ole päris selge, et kas väljad eralduvad ainult peaajust (kuid peaajust kindlasti) või kogu närvisüsteemi ulatuses. Peaaju funktsioonid on väga spetsialiseerunud. Väga üldiselt võttes jaguneb peaaju suur spetsialiseerumine kahte suurde leeri: üks osa kogu funktsioonidest tegeleb bioorganismi juhtimise ja kontrollimisega ning teine osa ainult teadvuse ja psüühikaga seonduvaga.

> Ka on teada rohkesti juhtumeid kui inimesel on mõni haige siseorgan eemaldatud või asemele opereeritud mõne teise inimese siseorgan, siis vastavalt sellele on opereeritaval inimesel midagi mälust kustunud või saanud uusi mälestusi, mis ei ole tegelikult inimese enda omad. See viitab sellele, et inimese mälu (ja seega mingilmääral ka teised psüühika aspektid) on „talletunud“ ka erinevate organite närvikudedesse (näiteks südamesse), mitte ainult ajupiirkondadesse, kuid mis on siiski ajuga ühenduses.

See kõik vihjab sellele, et väljad võivad eralduda peaajust või kogu närvisüsteemi ulatusest ainult osaliselt (piirkondadest, mis on seotud ainult teadvuse ja psüühikaga). Seda näitavad SLK-nähtused, mille korral inimese teadvus ja psüühika eksisteerivad ilma kehata.

2.2.16 Elektromagnetvälja ehk elektromagnetlaine füüsika

Laine on võnkumiste levimine ruumis. Protsess, mis perioodiliselt ajas kordub, aga nimetatakse võnkumiseks. Elektromagnetilise võnkumise korral muutub potentsiaalne energia (ehk elektrostaatiline energia) perioodilise muundumisega kineetiliseks energiaks (ehk magnetiliseks energiaks) ja vastupidi. Valgus on elektromagnetlaine ehk elektrivälja ja magnetvälja üksteise muutumise levimine ruumis. See tähendab seda, et elektrivälja muutumine ühes ruumipunktis põhjustab esimesena muutuva magnetvälja, mille muutus kutsub elektromagnetilise interaktsiooni teel esile elektrivälja muutumise naaberpunktis. Selline elektri- või magnetvälja muutus levib ruumis lainena. Elektrivälja muutus jõuab ühest ruumipunktist teise magnetvälja vahendusel. Magnetvälja muutumisega kaasneb omakorda indutseeritud elektriväli. Magnetväli tekib elektrivälja muutumise tagajärjel sõltumatult muutuva elektrivälja päritolust.

Kuna elektromagnetlaine toime registreerimisel tekitab signaali just elektriväli, siis kirjeldatakse elektromagnetlainet ainult elektrivälja muutumise kaudu. Valguslaine lainepikkused jäävad 380 kuni 760 nanomeetri vahele.

> Näiteks inimsilm reageerib elektromagnetlaine ehk valguse elektriväljale, sest elektromagnetlaine elektriväli põhjustab elektriliste impulsside ilmnemist inimese nägemisnärvides.

Samas kujutatakse valgust mikroosakeste (ehk footonite) voona, millel on kvantfüüsika järgi

lainelised omadused. Valgus kui elektromagnetlaine ei ole oma olemuselt tingitud footonite lainelistest omadustest ja seega eksisteerib valguse korral kaks täiesti erinevat dilemmat:

1. Kuidas saab valgus olla üheaegselt elektri- ja magnetvälja üksteise muutumise levimine ruumis ja footonite voog?

2. Kuidas saab olla osakestel ehk footonitel lainelised omadused (ehk kuidas saab valgus olla üheaegselt nii laine kui ka osakesed)?

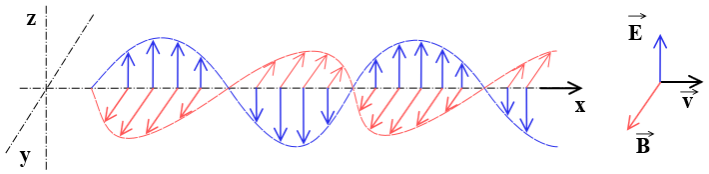
Kvantmehaanikas kirjeldab osakeste liikumist ajas ja ruumis lainefunktsioon. Kvantmehaanika üks põhivõrrandeid

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

näitab ära samaaegselt footoni nii leiulaine pikkuse kui ka valguslaine ehk elektromagnetlaine pikkuse. See tähendab füüsikaliselt seda, et footoni leiulaineks ongi tegelikult valguslaine ehk elektromagnetlaine. De Broglie´ kuulus valem

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

seob osakeste laineomadusi (λ) ja korpuskulaaromadusi (m, v, p).



Joonis 2 Elektromagnetlainet kujutav joonis. Elektriväli muutub mööda z-telge, kuid magnetväli mööda y-telge.

(http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/35/Onde_electromagnetique.svg)

Valguse kui elektromagnetlaine elektriväli ja magnetväli on omavahel risti ja risti ka laine levimissuunaga ruumis. See tähendab seda, et väljavektorid on elektromagnetlaines risti laine levimise suunaga. Seega on elektromagnetlaine ristlaine, mille elektri- ja magnetväli muutuvad ajas ja ruumis sinusoidaalselt ja ühes faasis. Seda kirjeldavad järgmised laine matemaatilised võrrandid. Näiteks elektromagnetlaine elektrilist komponenti E kirjeldab lainevõrrand

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial z^2} = \varepsilon\varepsilon_0\mu\mu_0 \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$$

ehk lihtsamal kujul (s.t. erijuhul)

$$E_y = E_m \cos(\omega t - kx + \alpha_1)$$

ja elektromagnetlaine magnetilist komponenti H kirjeldab lainevõrrand

$$\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} = \varepsilon\varepsilon_0\mu\mu_0 \frac{\partial^2 H}{\partial t^2}$$

ehk lihtsamal kujul (s.t. erijuhul)

$$H_z = H_m \cos(\omega t - kx + \alpha_2)$$

Nendes valemites on ω lainesagedus, k on lainearv (mis võrdub suhtega ω/v), t on laine periood, x on ruumikoordinaat ja α_1 ning α_2 on võnkumiste algfaasid x-koordinaadi 0 punktis.

Vastavalt kvantelektrodünaamika seadustele ei ole elektromagnetlaine (näiteks valguslaine) tegelikult pidev, vaid see liigub ruumis "portsjonite" kaupa. See tähendab seda, et elektromagnet-välja võib kvantelektrodünaamika järgi vaadelda ka kui footonite kogumina või nende voona. Elektriliselt laetud osakeste omavaheline vastastikmõju ehk interaktsioon seisneb tegelikult selles, et üks osake neelab ühe footoneist, mille kiirgas esimene. See tähendab seda, et laetud osakesed vahetavad omavahel footoneid. Iga laetud osake tekitab enda ümber välja, mis tegelikult seisneb footonite kiirgamises ja neelamises. Need footonid pole aga reaalsed, vaid neid mõistetakse virtuaalsetena. Neid virtuaalseid osakesi pole võimalik avastada nende eksisteerimise ajal. See teebki need „virtuaalseteks". Tavaliselt on footoni ja mingi laetud osakese summaarne energia suurem kui paigaloleval laetud osakesel (footonil laengut ei ole). See aga rikub energia jäävuse seadust. Kuid kui laetud osakese poolt kiiratud footon neelatakse sama või mõne teise laetud osakese poolt enne ajavahemiku

$$\Delta t = \frac{h}{\Delta E}$$

möödumist, siis ei ole võimalik avastada energia jäävuse seaduse rikkumist. Reaalne footon, mis võib kiirguda näiteks kahe laetud osakese põrkel, võib eksisteerida aga piiramatult kaua. Kahe punkti vahel, mille vahekaugus on

$$l = c\Delta t,$$

on virtuaalsel footonil võimalik anda vastastikmõju ja seda siis Δt jooksul. Elektromagnetjõudude mõjuraadius võib olla mistahes suur, sest footoni energia

$$E = hf$$

saab olla ükskõik kui väike. Valguse osakesi ehk footoneid kirjeldabki kvandienergia võrrand E = hf, kus f on laine sagedus ja h on Plancki konstant väärtusega h = $6{,}62*10^{-35}$ J*s.

2.2.17 Aju lähitsooni ehk kvaasistatsionaarsed väljad

Kui makroskoopiline keha on elektriliselt laetud, ümbritseb seda keha elektriväli. Selle laengu moodustavad laetud mikroosakesed (ehk elementaarlaengud). Makroskoopilise keha laeng ja mikroosakeste laengud võivad ajas ja ruumis olla püsivad. Sarnaselt makroskoopilise keha laenguga on tegelikult sama ka inimese ajuga. Näiteks kõik neuronid laenglevad ja seega aju on nagu „üldiselt laetud". See tähendab omakorda seda, et inimese peaajus eksisteerib üldine elektriväli. Kuna ajutegevus inimese elujooksul ei lakka, siis aju üldine elektriväli on ajas (mitte küll kõikides ruumipunktides) pidevalt eksisteeriv. Kuid neuronid laenglevad ajas perioodiliselt ja nende laengud on ajas ja ruumis pidevas muutumises, siis seega ka aju üldine elektriväli on ajas ja ruumis pidevas muutumises. Aju suremise jooksul lakkab järk-järgult aju üldine elektriväli. Tuhandete neuronite laenglemine lakkab ja koos sellega ka aju üldine elektriväli.

Neuronite (ja neuronipopulatsioonide) aktiivsused ehk laenglemised on seotud närviimpulsside liikumistega närvikoes. Näiteks kui impulss saabub neuronisse (neuronipopulatsiooni), siis muutub neuronipopulatsioon aktiivseks. See tähendab seda, et mingi ajupiirkonna aktiivsus tähendab (info) impulsside vastuvõtmist, töötlemist või edasi saatmist. Seda sellepärast, et neuronite aktivatsioon ja impulside liikumine ajus on omavahel väga tihedalt seotud. Membraanipotsentsiaali ja aktsioonipotentsiaalide vahel on väga tugev seos, kuid membraanipotentsiaalis võib esineda palju muutusi, mis aktsioonipotentsiaalides ei kajastu. Neuron või neuronite populatsioon aktiveerub alati siis, kui neile saabub impulss (nad võtavad impulsse vastu) või siis, kui nad ise saadavad impulsi mõnele teisele neuronile. Neuronite süsteemide aktiivsuste suurenemist või vähenemist mõistetakse närviimpulsside sageduse muutumisena. Aktiivsustel võivad olla ajalised mustrid ja rütmid.

Muutuvad väljad on võimelised eksisteerima sõltumatult neid tekitavatest laengutest. Elektri- ja magnetväljade tugevused võivad ajas ja ruumis muutuda ja see muutus levib välja ruumis lainena. Elektri- ja magnetväli võivad üksteiseks muutuda, mis tähendab seda, et elektrivälja muutumisega kaasneb magnetvälja teke ja magnetvälja muutumine põhjustab elektrivälja tekke jne jne. See levib ruumis (laenguta) lainena edasi. Elektromagnetlainel puudub laeng. Inimese ajus eksisteerivad elektri- ja magnetväljad ning ka elektri- ja magnetvälja üksteise muundumised, mille tulemusena võiks tekkida elektromagnetlainetused, kuid paraku need ei levi aju ruumist edasi. See tähendab seda, et inimese aju ei „kiirga“ elektromagnetlaineid ümbritsevasse ruumi, nagu seda teeb näiteks raadio saatja antenn.

Neuronite poolt tekitatud väljade lainelised omadused (mis tingiksid väljade eraldumist ajust) tekiksid alles väga suures mastaabis, s.t. väga kõrgetel sagedustel (ehk väga väikeste lainepikkuste puhul). Reaalsuses see nii siiski olla ei saa, sest ajus esinevad ainult väga väikesed (kuni 2000 Hz-ni) võnkesagedused. Elektromagnetlaine sagedusvahemik on aga 10^4-10^{24} Hz.

Ajus eksisteerivatel aatomituumadel on olemas impulsimomendid ehk spinnid, sest need pöörlevad. Seepärast tekitavad prootonid (aatomituumades olevad prootonid omavad positiivset laengut, kuid neutronid on ilma laenguta) magnetvälja, mille mõlemad poolused asuvad aatomituuma pöörlemisteljel. Kuid neid pöörlemistelgi on võimalik pealeasetatud magnetvälja abil mõjutada nii nagu on võimalik suunata näiteks kompassi nõela. Seetõttu võivad aatomituumad „ergastuda“ ehk tekib aatomituumade resonants. See aga omakorda põhjustab elektromagnetlaine tekkimist, mis liigub ruumis edasi. Näiteks kehavedelikes ja vesinikuaatomi tuum (mida leidub väga paljudes molekulides) on väga head resonaatorid.

> Sellise nähtuse „piltlikustamiseks“ võtame näiteks mobiilside. Oletame, et mobiiltelefon on võimeline edastama ka videosid ja muusikat. Mobiil ise on nagu inimkeha, kiibid aga nagu närvikude. Informatsioon, mis on kuvarilt paista, eksisteerib mobiilis kui kehas. Kui aga saata mõnele teisele mobiilile videosalvestus või muusikat, siis see toimub elektromagnetlainete abil, mis on muundatud vastavates mobiili elektroonilistes detailides. Nagu näha on – mobiilis sisalduv info on võimeline ka eksisteerima ilma mobiili olemasoluta. Täpselt sama on võimalik ka inimese kehaga. Närvikoes olev info on võimeline eksisteerima ka ilma närvikoeta – seda siis elektromagnetenergiana. Sellisel juhul on väljade kombinatsioonil energia ja ka informatsioon. Kõik mida inimene varem on läbi kogenud või on teadnud, on „talletatud“ ka sellesse väljade kombinatsiooni, mis enne eksisteeris närvirakkude vahelises ruumis. Ruumi asukoht on nüüd aga muutunud. Väli kannab endas energiat ja infot.

Kuid selliselt tekkivad elektromagnetlained, mis võivad inimese ajust eralduda, ei ole aga ruumis püsivad. See tähendab seda, et need lained ei saa olla üksteise suhtes paigal, sest need liiguvad vaakumis kiirusega c. Sellisel juhul need lained hajuvad üksteisest ajust eraldumisel ja lainete ehk väljade omavahelist konfiguratsiooni ei saa tekkida, millel võiks baseeruda inimese psüühika ja teadvus.

Peale elektri- ja magnetvälja omavahelise seose on need väljad seotud ka veel aegruumiga. Järelikult kui muutuvad väljad ajus ei põhjusta väljade eraldumist ajust, siis ehk väljade seos

aegruumiga?

Elektromagnetväljal ja aegruumil eksisteerib omavahel väga tihe seos. Näiteks on üldteada tuntud fakt, et elektrilaengud suudavad mõjutada aegruumi meetrikat, kuid elektromagnetiline vastastikmõju ise ei ole tingitud aegruumi kõverusest. Ja veel üheks heaks näiteks võib tuua elektromagnetlaine (näiteks valguse) levimist vaakumis kiirusega c. See tähendab seda, et mida lähemale keha liikumiskiirus jõuab valguse kiirusele vaakumis, seda aeglasemalt liigub aeg ja keha pikkus lüheneb. Kaasaegne füüsikateadus neid elektromagnetismi ja aegruumi vahel olevaid seoseid ei põhjenda ja ka tuntud Maxwelli võrrandid (mis kirjeldavad kogu elektri ja magnetismi õpetust) neid seoseid ka ei kirjelda. Maxwelli neli võrrandit on kõige üldisemal ja lihtsamal kujul esitatavad aga järgmiselt:

$$1)\ rot\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$2)\ rot\vec{H} = j + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t},\ \ j = \lambda\vec{E}$$

$$3)\ div\vec{D} = \rho$$

$$4)\ div\vec{B} = 0$$

kus $D = \varepsilon_0\varepsilon E$, $B = \mu_0\mu H$ ja $j = \sigma E$. Need võrrandid kirjeldavad elektromagnetismi füüsika põhialuseid:

1. Magnetvälja induktsiooni $\vec{B}$ muutus tekitab pööriselise elektrivälja. Seda tuntakse ka kui Faraday induktsiooni seadusena.

2. Sisuliselt on tegemist Amper´i seadusega diferentsiaalkujul. Elektrivälja tihedus (voolutihedus j) on võrdne selle tugevusega $\vec{E}$ (Ohmi seadus).

3. Elektrilaeng on elektrivälja allikaks, Gauβ´i teoreem elektrivälja jaoks. ρ näitab elektrilaengute tihedust.

4. Elektromagnetiline induktsioon $\vec{B}$ ei oma allikat, Gauβ´i teoreem magnetvälja jaoks. Magnetlaenguid looduses ei eksisteeri.

Vaatleja suhtes oleva paigalseisva laetud keha väli on elektriväli (ehk elektrostaatiline väli). Kuid liikuv laetud keha tekitab vaatleja jaoks ka magnetvälja. Kui laetud keha vaatleja suhtes liigub, siis muutub keha elektriväli vaatleja asukohas ning vaatleja registreerib magnetvälja olemasolu. Kui aga püsimagnet ehk magnetvälja tekitaja vaatleja suhtes liigub, siis muutub magnetväli vaatleja asukohas ning vaatleja registreerib ka elektrivälja olemasolu. See tähendab lihtsustatult seda, et üks ja sama laetud keha tekitab nii elektrivälja kui ka magnetvälja ja magnetvälja muutumine tekitab elektrivälja ning elektrivälja muutumine tekitab omakorda magnetvälja. Elektrivälja tekkimist magnetvälja muutumisel nimetatakse füüsikas elektromagnetilise induktsiooni nähtuseks. Vaatleja suhtes olev paigalseisev püsimagnet tekitab magnetvälja.

Magnetväli eksisteerib liikuvate laengute (näiteks vooluga juhtmete) ümber. Kuid magnetväli eksisteerib ka laengukandjate puudumisel. Näiteks kui elektrivälja tugevus suureneb (ehk elektriväli muutub), siis selline muutus levib ruumis magnetvälja vahendusel. See tähendab, et muutuva elektrivälja levik ruumis toimub magnetvälja vahendusel. Näiteks kui elektrivälja tugevuse muutus on põhjustatud näiteks välja allika ehk laengu suuruse muutumisest, siis selle muutuse levimine ruumis toimub magnetvälja vahendusel. Sellisel juhul näitavad elektrivälja jõujoonte suund väljatugevuse muutuse suunda ja magnetvälja jõujooned ümbritsevad elektrivälja jõujooni.

Magnetvälja ja elektrivälja jõujooned asetsevad omavahel risti. Sellisel korral on meil tegemist elektri- ja magnetjõude vahendava ühtse väljaga ehk elektromagnetväljaga.

2.2.18 Väljade „eraldumine“ mateeriast

2.2.18.1 Inimese kehast väljumise füüsika ja ajas rändamise füüsika

Inimese kehast väljumise füüsika mõistmise fundamentaalseks aluseks on kahtlemata ajas rändamise füüsikateooria. See tähendab ka seda, et ajas rändamise füüsikateooriast on võimalik tuletada inimese kehast väljumise füüsikateooria. Inimese kehast väljumist ei saa mõista ilma ajas rändamise füüsikata. Inimese kehast väljumine on ajas rändamise erijuht. Enne kui mõista inimese kehast väljumise füüsikat tuleb kõigepealt tundma õppida inimese ajas rändamise füüsikat.

Eespool me väitsime, et inimese kehast väljumise füüsika mõistmise aluseks on ajas rändamise füüsikateooria. Selline väide vajab lähemat selgitust. Inimese kehavälise oleku mõistmiseks on vaja tõepoolest teada ajas rändamise füüsikat. See tuleneb sellest, et inimese kehast väljumise füüsikateooria järgi saab kehaväline olek eksisteerida ainult hyperruumis, mida me mõistame aegruumi välise dimensioonina. Hyperruumi ja tavaruumi füüsikalist süsteemi kirjeldabki ajas rändamise füüsikateooria. Hyperruumis on võimalik liikuda ajas minevikku ja tulevikku ning hyperruumi dimensioon kirjeldab ka füüsikas tuntud relatiivsusteooria ja kvantmehaanika pealtnäha müstilisi nähtusi. Seetõttu võibki väita, et ilma teadmisteta hyperruumi ja tavaruumi füüsikalisest süsteemist ei saa mõista inimese kehast väljumise füüsikat. Inimese kehavälise oleku füüsika mõistmine peitub elektromagnetvälja ja aegruumi füüsika kontiinumis, mida kirjeldabki meile üsna veenvalt just ajas rändamise füüsikateooria.

Kehast väljumine ehk inimese närvisüsteemist väljade eraldumine põhineb elektromagnetlainete tekkimisel hyperruumi ehk väljapoole aegruumi tuhandete neuronite elektrilise talitluse käigus. Selline aspekt moodustab inimese kehast väljumise alusfüüsika ehk kehast väljumise füüsika põhiseaduse. Selline füüsikaline aspekt määrab ära kogu alusfüüsika mõistmaks väljade eraldumist inimese närvisüsteemist, millel põhineb inimese reaalne kehast väljumine.

> Enamasti mõeldakse füüsilise keha all inimese bioloogilist keha, millest väidetavalt väljutakse kliinilise surma ajal. Kuid tegelikult on füüsiline keha ka siis, kui inimene on väljunud oma bioloogilisest kehast. Valgus ja igasugused muud energiaväljad Universumis on osa materiaalsest maailmast. Mateeria vormideks on aine ja väli ning seetõttu võib ka mistahes energiavälja pidada „füüsiliseks“. Kuid veelkord, inimese kehast väljumise korral peetakse füüsiliseks kehaks enamasti bioloogilist keha ehkki kehavälises olekus on inimene tegelikult samuti füüsilises olekus.

Maailmataju ajas rändamise teooria kirjeldab inimese füüsikalist ajas liikumist. Näiteks inimene on võimeline liikuma ajas minevikku või tulevikku. Kõik füüsikalised kehad liiguvad ajas – tuleviku suunas ja seega on ajas rändamise teooria kogu Universumi (füüsika) eksisteerimise aluseks. Ajas rändamise teooria edasiarendused näitavad Universumi füüsikalist olemust. See seisneb selles, et Universumit ei ole tegelikult olemas, mis tuleb välja sellest, et Universum ise on tegelikult ajatu. Ajas rändamise tehniline lahend õpetab looma reaalset ajas rändamist.

Selleks, et inimene saaks rännata ajas (ehk “liikuda” ühest ajahetkest teise), on tal esimese asjana vaja nö. praegusest ajahetkest “väljuda” (“ajast väljuda”). Füüsikaliselt tähendab see seda,

et inimene peab sattuma sellisesse aegruumi piirkonda, kus aeg on aeglenenud lõpmatuseni ehk aeg on lakanud eksisteerimast. Kõlab ju loogiliselt, et "ajast väljumise" korral aega enam ei eksisteerigi. See avaldub näiteks siis, kui ületatakse valguse kiirus vaakumis, sest mida lähemale keha kiirus jõuab valguse kiirusele vaakumis, seda enam aeg aegleneb ja keha pikkus lüheneb. Kuid selline aegruumi piirkond on näiteks ka mustade aukude tsentrites. Taolises aegruumi piirkonnas olles ei allu inimene enam Universumi kosmoloogilisele paisumisele, sest Universumi paisumine avaldub kahe ruumipunkti vahelise kauguse suurenemisega (see tähendab seda, et galaktikad eemalduvad üksteisest seda kiiremini, mida enam kaugemal nad üksteisest on). Võimalikuks osutub ajas liikumine, mis on oma olemuselt ruumis liikumine, sest aeg ja ruum ei saa eksisteerida teineteisest lahus.

> Inimene rändab ajas ainult siis ja veelkord ainult siis, kui ta satub hyperruumi ehk väljapoole aegruumi. „Seal" on aegruum üldrelatiivsusteooria järgi kõverdunud lõpmatuseni (ehk aeg on aeglenenud lõpmatuseni ja kahe ruumipunkti vaheline kaugus on lühenenud samuti lõpmatuseni). Selline aegruumi piirkond (kus aegruumi eksisteerimine lakkab olemast) eksisteerib näiteks mustade aukude tsentrites ja seetõttu võivad mustad augud olla nagu „väravateks", mille kaudu on võimalik siseneda hyperruumi.

Maailmataju ajas rändamise teooria osas on kirjeldatud inimese tehniline võimalus reaalseks ajas rändamiseks. Inimese ajas rändamise füüsikast on põhjalikumalt kirjeldatud Maailmataju ajas rändamise osas ja seetõttu ei hakka me seda siin enam väga pikalt kordama. Piirdume järgnevalt ainult lühikese ülevaatega.

2.2.18.2 Ajas rändamise füüsikateooria põhiseadus

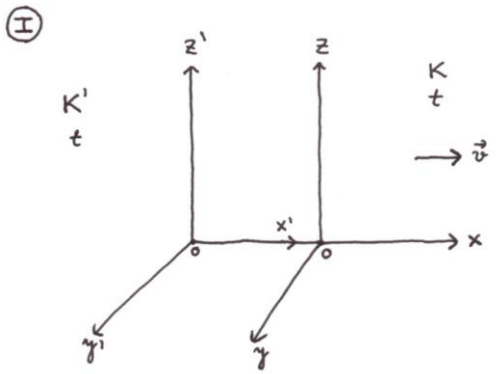
Füüsika teaduse areng oli pikka aega pidurdunud kvantmehaanika ja relatiivsusteooria näilisesse müstikasse. Ajas rändamise füüsikateooria on nende kahe suure teooria edasiarendus, milles toimub nende teooriate ühendamine. Ajas rändamise teooria vajalikkusest ja ka rollist on vihjanud ka ajakiri „Imeline Teadus" (nr 10/2014, lk 88-95), mis kirjutab: „Pärast aastatepikkust uurimistööd ei ole füüsikud ikka veel suutnud ühendada kahte teooriat (relatiivsusteooriat ja kvantmehaanikat), mis on tänapäevase füüsika aluseks, kuid ajas rändamine võib olla selle lahenduseks". See on füüsika edasise arengu jaoks sama oluline kui 19. sajandi lõpul tehtud avastus, et valguse kiirus vaakumis on konstantne mistahes vaatleja jaoks. On väga oluline mõista Universumi füüsikalist olemust ja see ilmneb eriti hästi ajas rändamise füüsikateoorias.

Küsimusele, et mis on „aeg", võib vastata nii, et aeg on „kestvus", täpselt nii nagu inimene seda igapäevaselt tajub. Enamasti niimoodi vastataksegi, kuid tegelikult ei seisne põhiküsimus selles, et mis on aeg. Aeg on kestvus ja aja põhivormid on minevik, olevik ja tulevik. Põhiküsimus seisneb hoopis selles, et mis loob aja ehk mis tekitab ajadimensiooni Universumis. Läbi selle mõistaksime ka aega ennast. Sama põhimõte kehtib ka ruumi mõiste korralgi. Ruum on „mateeria mahuti" ja see on teatavasti kolmemõõtmeline, kuid mis tekitab ruumidimensiooni Universumis?

Ajas rändamise füüsikateooria üheks põhialuseks on väide, et erinevatel ajahetkedel on samas ka erinevad ruumipunktid ehk ajas rändamiseks peab inimene liikuma mingisuguses seni teadmata ruumidimensioonis. See tähendab ka seda, et mida kaugemal ajas (näiteks minevikus või tulevikus) mingisugune sündmus aset leiab, seda kaugemal see ka ruumis toimub. Selline seaduspärasus avaldub looduses Universumi paisumisena. Näiteks kui Universum paisub (s.t. Universumi ruumala suureneb ajas), siis erinevatel ajahetkedel on Universumi ruumala (ja seega kõikide kehade ruumikoordinaadid Universumis) erinev. See on ilmselgelt seotud ajas rändamise teooria ühe alusväitega, mis ütleb, et erinevatel ajahetkedel on samas ka erinevad ruumipunktid.

Universumi kosmoloogilist paisumist kujutatakse sageli ette just kera või õhupalli paisumisena ja sellisel juhul on väga selgesti näha seda, et kera pinnal oleva keha sfäärilised koordinaadid (ehk ruumipunktid) on erinevatel ajahetkedel erinevad. Sama on ka kera raadiuse pikkusega. Mida enam Universum paisub (ehk mida suurem on see Universumi kujuteldav raadius r), seda enam suureneb kahe punkti vaheline kaugus ruumis (ehk ds suureneb). Universumi (meetriline) paisumine avaldubki kahe punkti vahelise kauguse suurenemisel ruumis. Kuid arvestama peab seda, et ds-i suurenemine ilmneb alles väga suures ruumi mastaabis – näiteks galaktikate parvede ja superparvede tasandil.

Universumi paisumise korral esinevad tegelikult kaks aja vormi. Esiteks see, et üks etendab Universumi eluiga (ehk Universumi enda eksisteerimise kestvust) ja teiseks on see, et aeg esineb ka Universumi paisumiskiirusel (ehk kui kiiresti Universum paisub). Nende kahe aja vahel on olemas ka üks füüsikaline seos – nimelt mida kauem Universum eksisteerib (ehk mida enam pikeneb Universumi eluiga), seda enam kiiremini Universum paisub (ehk Universumi paisumine kiireneb).



Joonis 1 K liikumine K´ suhtes.

Joonis 1 on Universumi hyperruumi ja tavaruumi omavahelise süsteemi „piltlikustamine“. Tegelikkuses midagi seesugust ei eksisteeri. Selline on füüsikaline mudel, et Universumi aja ja ruumi omavahelist seost paremini mõista ja meelde jätta. Hiljem on näha seda, et reaalsuses avaldub see Universumi paisumisena. Antud juhul on tavaruum K meie Universumi 3-mõõtmeline ruum ja hyperruum K´ on ruumi neljas mõõde, mis on seotud ajakoordinaadiga.

Juba Ungari päritoluga filosoof ja matemaatik Menyhért Palagyi (1859-1924) arendas omal ajal aja ja ruumi ühtsuse ideed ja käsitles aega neliruumi („jooksva ruumi“) imaginaarse koordinaadina, mis tegelikult väga sarnaneb antud juhul K ja K´-i füüsikalise süsteemiga.

Neljamõõtmelise koordinaatsüsteemi (s.t. Einsteini kõvera aegruumi) korral kasutatakse kolme ruumitelge ja ühte ajatelge. Ajamomenti korrutatakse valguse kiirusega c, et tegemist oleks neljanda ruumimõõtmega. Tulemuseks on neli (ruumi)koordinaati: x, y, z ja ct.

Antud joonisel 1 on hyperruum K´ esitatud 3-mõõtmelisena, et mudel oleks lihtsalt meile käepärasem. Joonisel 1 on näha, et tavaruum K liigub hyperruumi K´ suhtes. Oluline on märkida, et tavaruum ja hyperruum ei ole taustsüsteemid.

Ajas rändamise teooria üheks põhialuseks on väide, et erinevad ajahetked on samas ka erinevad ruumipunktid. Selline seaduspärasus avaldub looduses Universumi paisumisena. Näiteks kui Universum paisub (s.t. Universumi ruumala suureneb ajas), siis erinevatel (kosmoloogilistel)

ajahetkedel on Universumi ruumala erinev ja seega on erinevad ka Universumi ruumipunktide koordinaadid. Universumi paisumist kujutatakse sageli ette just kera või õhupalli paisumisena. Siis on väga selgesti näha seda, et kera sfäärilised koordinaadid (ehk ruumipunktide koordinaadid) ja kera raadius on erinevatel ajahetkedel erinevad.

Aja ja ruumi olemuse mõistmine on fundamentaalse tähtsusega, kuna kõik nähtused Universumis eksisteerivad ajas ja ruumis ning kõik protsessid Universumis võtavad aega ja ruumi. Aeg ja ruum on mateeria eksisteerimise põhivormid, kuid mateeria põhivormideks on aine ja väli. Relatiivsusteooria kirjeldab Universumi aja ja ruumi ning mateeria omavahelisi seoseid. Erirelatiivsusteoorias kehtib aja dilatatsioon ja keha pikkuse kontraktsioon. Aja ja ruumi omavaheline fundamentaalne seos tuleb välja aja dilatatsiooni nähtusest, mis seisneb selles, et mida lähemale jõuab keha liikumiskiirus valguse kiirusele c vaakumis, seda aeglasemalt käib kell paigalseisva vaatleja suhtes:

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

ehk toimub aja aeglenemise efekt. Kui keha liigub täpselt valguse kiirusega c, siis aeg on aeglenenud lõpmatuseni ehk aega ennast enam ei eksisteerigi:

$$\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}\, t' = t = 0$$

See tähendab seda, et keha jõuab „omaajas“ mistahes Universumi ruumipunkti 0 sekundiga. Tema jaoks ei eksisteeri enam aega. Sama lugu on ka keha pikkusega, mille korral kontrakteerub ehk lüheneb keha pikkus nulliks, kui keha liigub valguse kiirusega c:

$$l' = l\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = l\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}} = 0$$

Keha pikkus võrdub nulliga paigalseisva välise vaatleja suhtes.

> Kusjuures aja ja ruumi teisenemised ei ole „näivad“, vaid need on täiesti reaalsed nähtused. Näiteks kui üks kaksikvendadest läheb kosmosereisile ja naaseb hiljem Maale tagasi, siis ei ole vennad enam ühevanused (kaksikute paradoks erirelatiivsusteoorias). Kosmoserändur on jäänud vennast nooremaks. Teoreetiliselt võib vanusevahe suurendada piiramatult.
>
> > Näiteks kui mingi vaatleja siirduks oma tähelaevaga kosmosesse kiirusega, mis läheneb valguse kiirusele vaakumis ja tuleks 22 aastat hiljem maa peale tagasi, siis maa peal on möödunud selle aja jooksul peaaegu 1000 aastat. Seega vaatleja rändas reaalselt ajas tulevikku.

Kuna aeg võrdub nulliga $t = 0$ ja ka keha pikkus (s.t. „ruum“) võrdub nulliga $l' = 0$, siis seega need kaks antud juhul võrduvad omavahel:

$$t = l'$$

Selline võrdus kehtib ainult sellisel tingimusel, et aega ja ruumi enam ei eksisteeri ehk aeg on aeglenenud lõpmatuseni ja „ruumi“ pikkus on lühenenud lõpmatult väikeseks ehk nulliks.

> Sellise võrduse korral $t = l'$ on selgesti näha seda, et mida suurem on ajaperiood t, seda pikem on teepikkus l’. Sellest järeldub tõsiasi, et teepikkuse l’ suurenemine

vastavalt ajaperioodi t suurenemisele näitab mingisuguse seni tundmatu liikuva ruumi dimensiooni olemasolu, mis on tihedalt seotud just aja dimensiooniga. Sellisel juhul on aja koordinaadid vastavuses ruumi koordinaatidega, mis näitab selgelt seda, et liikudes ruumis, liigume ka ajas. Muutujateks on ainult aeg ja ruum. Selline avaldis näitab väga selgesti aja, ruumi ja liikumise omavahelist fundamentaalset seost, mis looduses avaldubki Universumi kosmoloogilise paisumisena. Universumi paisumise korral nähtub samuti liikuva ruumi olemasolu, kuna paisub ruum ise, mitte galaktikad ise ei liigu üksteisest eemale.

Viimasest võrdusest saame:

$$1 = \frac{l'}{t}$$

milles me otseselt nulle ei arvesta ehk $\frac{l'}{t} = \frac{0}{0} \neq 1$. Klassikalisest mehaanikast me teame seda, et teelõigu l ja aja t jagatis defineerib kiirust v ehk $\frac{l}{t} = v,$ siis seega viimane võrrand peab näitama tegelikult mingisugust kiirust v. Kuna antud olukorra range tingimus on see, et aega ja ruumi ei eksisteeri, siis seega kiirus v peab võrduma just valguse kiirusega c, kuna valguse kiirusega c liikumise korral ei eksisteeri enam aega ega ruumi:

$$v = c$$

See tähendab nüüd seda, et võrrandi

$$1 = \frac{l'}{t}$$

mõlemad pooled korrutame valguse kiirusega c, tulemuseks saame:

$$c = c\frac{l'}{t}$$

Kuna $l' = t,$ siis seega saame $c = c$ ehk

$$c = \frac{l}{t}$$

Saadud tulemus näitab valguse kiirust c. Tekib küsimus, et mille kiirust see näitab? See näitab seda, et mingisugune seni tundmatu ruum „liigub“ millegi suhtes valguse kiirusega c. Seda tegelikult kirjeldabki kiiruse c definitsiooni valem:

$$ct = l$$

mille korral on selgesti näha seda, et mida suurem on ajaperiood t’ (aeg on kui „liikuv“), seda pikem on teepikkus d ehk seda „rohkem“ liigub ruum. Võib öelda ka nii, et mida pikem on teepikkus d ehk mida „rohkem“ liigub ruum, seda pikem on ka ajaperiood t’. Valguse kiirus c on konstant, mistõttu on muutujateks ainult aeg ja ruum. Valguse kiirus c näitab „mõõdustikku“: näiteks ühe sekundi möödumisel on ruum „liikunud“ 300 000 kilomeetrise vahemaa. Selline avaldis näitab väga selgesti aja, ruumi ja liikumise omavahelist fundamentaalset seost, mis looduses avaldubki tavaruumi K liikumisena hyperruumi K’ suhtes ehk Universumi kosmoloogilise paisumisena.

Aja dilatatsioon sõltus füüsikalise keha liikumiskiirusest v valguse kiiruse c suhtes järgmiselt:

$$t` = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

mille korral on keha liikumiskiirus v alati väiksem valguse kiirusest c ehk $v < c$. Valguse kiirusega

c liikuva keha korral ehk „aegruumi piiri“ korral võrdub aja dilatatsioon lõpmatusega:

$$t` = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1-1}} = \infty$$

milles $v = c$. Matemaatiliselt on võimalik aga edasi analüüsida. Näiteks aja dilatatsiooni võrrandis oleva ruutjuure alla võib tekkida negatiivne arv:

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{2c^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1-2}} = \frac{t}{\sqrt{-1}} = \frac{t}{i}$$

kui kiirus on suurem valguse kiirusest: $v^2 = 2c^2$.

MÄRKUS: Edaspidi saame tuletada sellise energia võrrandi:

$$\frac{mv^2}{2} = mc^2$$

mille masside taandamise korral:

$$\frac{v^2}{2} = c^2$$

saamegi eespool esitatava kiiruse ruudu avaldise:

$$v^2 = 2c^2$$

Tegemist on ilmselt kokkusattumusega, kuid sellegipoolest üsna tähelepanuväärse kokkusattumusega, mis võib näidata seda, et antud töös esitatavad matemaatilised tuletused ja avaldised on kõik omavahel seotud ja harmooniliselt kooskõlas.

Niimoodi tekib kompleksne arv, mis sisaldab endas imaginaarühikut: $i = \sqrt{-1}$. Sellisel juhul me näeme seda, et aja dimensioon on muutunud „imaginaarseks“:

$$t = t'i$$

Kuna aeg on sellisel juhul imaginaarne, siis seetõttu peame kasutama kompleksarvude matemaatikat, mis sisaldab imaginaarühikut i. Näiteks kompleksarv esitatakse matemaatikas järgmise võrrandiga

$$z = a + bi$$

ja selle kaaskompleksarv avaldub:

$$z^* = a - bi$$

Kompleksarvu ruut võrdub:

$$z^2 = a^2 + 2abi - b^2$$

milles i on imaginaarühik $i = \sqrt{-1}$, võrrandi reaalosa on

$$z^2 = a^2 - b^2$$

ja imaginaarosa

$$z^2 = 2ab$$

Kuid kompleksarvu võrrandi

$$z = a + bi$$

a liige on võrrandi reaalosa ja bi liige on imaginaarosa ning a ja b ise on reaalarvud.

Kompleksarvu imaginaarühik i väljendub matemaatilises analüüsis ka geomeetrilise funktsioonina:

$$\sqrt{-1} = e^{i\frac{\pi}{2}} = i$$

ehk

$$\sqrt{-1} = e^{i\frac{3}{2}\pi} = -i$$

Imaginaarühik i võib olla positiivne või negatiivne: $\sqrt{-1} = \pm i$.

Ajamõõde ehk ajaline dimensioon muutus meil antud juhul imaginaarseks:

$$t` = \frac{t}{\pm i}$$

ehk

$$t = t`i$$

Kompleksarvu võrrandina avaldub see aga järgmiselt:

$$t = z = 0 + t`i = t`i$$

ehk

$$t = t`i$$

milles võrrandi reaalosa on null ja imaginaarosa on t`i. Sellisel juhul on võrrandis:

$$t = z = a + bi$$

a = 0 ja b = t`. Kuna võrrandi reaalosa võrdub nulliga, siis seega füüsikalisi järeldusi ei ole võimalik teha, sest füüsikalisi nähtusi või seadusi on võimalik kirjeldada ainult võrrandi reaalosaga. Näiteks Schrödingeri võrrand

$$-\frac{h^2}{2m}\Delta\Psi + U\Psi = ih\frac{d\Psi}{dt}$$

sisaldab imaginaarühikut ja seega on selle võrrandi kõik lahendid üldiselt kompleksarvuliste väärtustega. Arvestada tuleb ainult võrrandi reaalosa. Kompleksarve ei ole võimalik järjestada. Kompleksarvud füüsikas ise ei oma tegelikult füüsikalisi tähendusi, vaid tuleneb ainult matemaatikast. Paljud füüsika võrrandid kirjutatakse sageli komplekskujul, sest siis on lihtsam sooritada arvutusi (näiteks tuletusi ja integreerimist). Kuna Schrödingeri võrrand on kvantmehaanika põhivõrrand, mis on ka komplekskujul, siis peaaegu ka kõik teised kvantmehaanika matemaatilised avaldised on kompleksed. Näiteks x-telje positiivses suunas leviva tasalaine võrrand

$$\xi(x,t) = a\cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x\right)$$

esitatakse ka komplekskujul:

$$\xi(x,t) = ae^{-i\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x\right)}$$

Kvantmehaanikas vastab igale füüsikalisele suurusele (energia, impulss vms) mingi kindel operaator. Füüsikaliste suuruste operaatorite saamiseks on enamasti vaja teada ainult koordinaadi ja impulsi operaatoreid. Koordinaadi operaatorid (ristkoordinaatides) on vastavad koordinaadid ise. Need on arvuga korrutamise operaatorid. Kuid impulssi operaatori korral on tegemist juba arvuga korrutamise operaatori ja

diferentseerimisoperaatori korrutisega. Igale füüsikalisele suurusele vastab mingi kindel operaator ja operaatori omaväärtused annavad selle füüsikalise suuruse mõõdetavad väärtused. Füüsikaliste operaatorite omaväärtused peavad olema reaalarvulised, mitte imaginaarsed, sest kõik füüsikaliselt mõõdetavad suurused on reaalarvulised. Kuid kvantmehaanikas leiduvad ka selliseid lineaarse operaatori omaväärtused, mis ei ole reaalsed. Hermiitilise operaatori korral on kaasoperaator võrdne selle operaatori endaga. Füüsikaliste suuruste operaatorid peavad kvantmehaanikas olema hermiitilised, mille korral on selle omaväätused reaalsed.

Kui kompleksarvu võrrandi reaalosa võrdub nulliga, siis seega füüsika seadusi ei saa see kirjeldada, sest füüsikalisi nähtusi või seadusi on võimalik kirjeldada ainult võrrandi reaalosaga. Sellest tulenevalt püüame esitadada sellise matemaatilise ja füüsikalise analüüsi, mille korral nähtub kompleksarvu reaalosa ja imaginaarosa. Näitame selle võimalikust järgnevalt.

Näiteks kui me viime eespool saadud võrrandis

$$t = t`i$$

ühe liikme teisele poole võrdusmärki:

$$t - t'i = 0$$

siis saame „rakendada“ kaaskompleksarvu võrrandit:

$$z^* = a - bi$$

ehk

$$z^* = t - t'i$$

Selles kaaskompleksarvu võrrandis on konstandiks null:

$$z^* = 0 = const$$

ja reaalosaks $t = a$ ning imaginaarosaks $-bi = -t'i.$ Kuna eespool saime aja ja ruumi võrduse avaldise:

$$t = l'$$

ning käesolevas teemas oleva avaldise:

$$t = t'i$$

siis seega saame kaaskompleksarvu võrrandi kirjutada kujule:

$$z^* = t - l'$$

milles $l' = t'i.$ Saadud kaaskompleksarvu z* võrrandis näeme, et võrrandi reaalosa on t ja imaginaarosa on l’. Kuna kaaskompleksarv z* on konstant ehk see peab alati võrduma nulliga, siis seega aja t muutumisel peab muutuma ka pikkus l’. See näitab seda, et mida suurem on ajaperiood t (aeg on kui „liikuv“), seda pikem on teepikkus l’ ehk seda „rohkem“ liigub ruum. Võib öelda ka nii, et mida pikem on teepikkus l’ ehk mida „rohkem“ liigub ruum, seda pikem on ka ajaperiood t. Kaaskompleksarv z* on konstant ehk see võrdub alati nulliga, mistõttu on muutujateks ainult aeg ja ruum. Võrrandist nähtub, et aeg t on reaalne ja seetõttu saab see kirjeldada meie igapäevaselt kogetavat aega. Kuid pikkus l’ on imaginaarne ja seetõttu ei saa kirjeldada selline ruumidimensioon meie igapäevaselt tajutavat ruumi, vaid see peab kirjeldama mingisugust seni tundmata ruumidimensiooni, mis peab jääma meie igapäevaselt tajutavast ruumist „väljapoole“.

MÄRKUS 1: Siinkohal tuleb märkida seda, et kui eelnev analüüs kehtis kaaskompleksarvu võrrandi korral:

$$z^* = a - bi$$

siis täpselt samasugune analüüs ei saa kehtida „tavalise“ kompleksarvu võrrandi korral:

$$z = a + bi$$

kuna sellisel juhul ei saa z võrduda enam nulliga ja z ei saa olla ka mingisugune konstant.

MÄRKUS 2: Valguse kiirusega c liikuva keha korral ehk „aegruumi piiri“ korral võrdus aja dilatatsioon lõpmatusega:

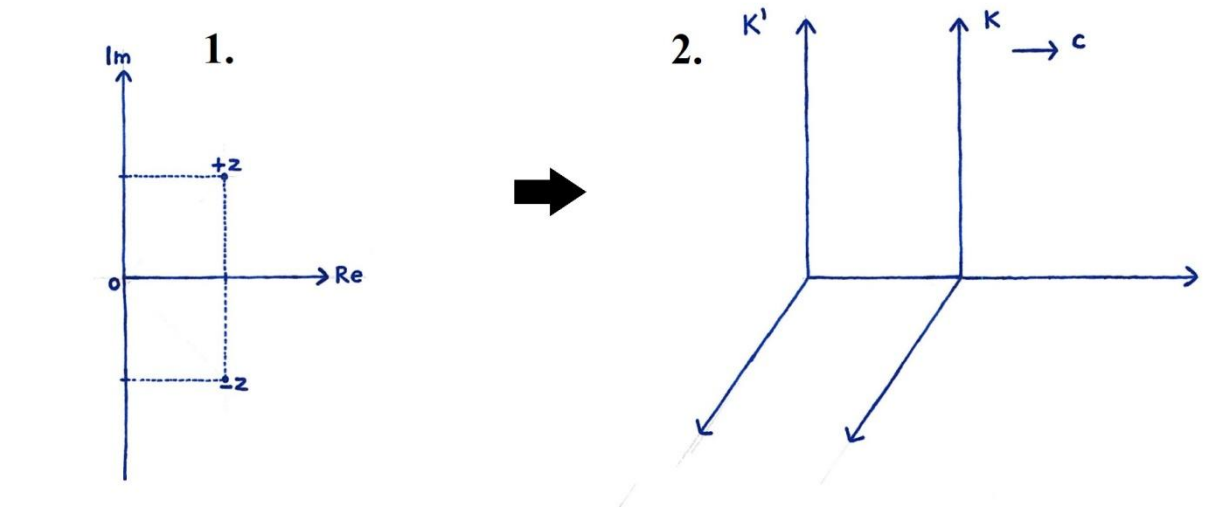
$$t` = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1-1}} = \infty$$

milles $v = c$. Sellisel juhul ehk aja ja ruumi eksisteerimise lakkamise korral saime tuletada aja ja ruumi võrduse: $t = l'$. Selline seos näitas seda, et ajas rändamiseks tuleb liikuda ruumis, mis „eksisteerib tavaruumist“ väljapool ja milles ei eksisteeri enam aega ega ruumi. Kuid aja dilatatsiooni võrrandis oleva ruutjuure alla võis tekkida negatiivne arv:

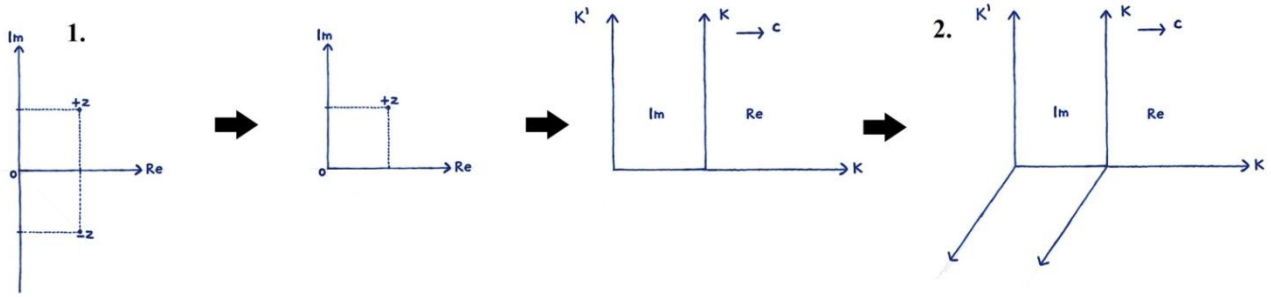
$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{2c^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1-2}} = \frac{t}{\sqrt{-1}} = \frac{t}{i}$$

kui kiirus on suurem valguse kiirusest: $v^2 = 2c^2$. Sellisel juhul võib see negatiivne arv olla kuitahes suur, ulatudes isegi negatiivse lõpmatuseni ($-\infty$). See näitab seda, et tavaruumist väljapool olev ruum on tegelikult „imaginaarne ruum“ ja aja dilatatsiooni lõpmatus $t' = \infty$ näitab imaginaartelje alguspunkti. See tähendab, et kogu imaginaarse ruumi ehk kogu imaginaartelje ulatuses avaldub aja ja ruumi eksisteerimise lakkamine ehk näiteks $t' = \infty$.

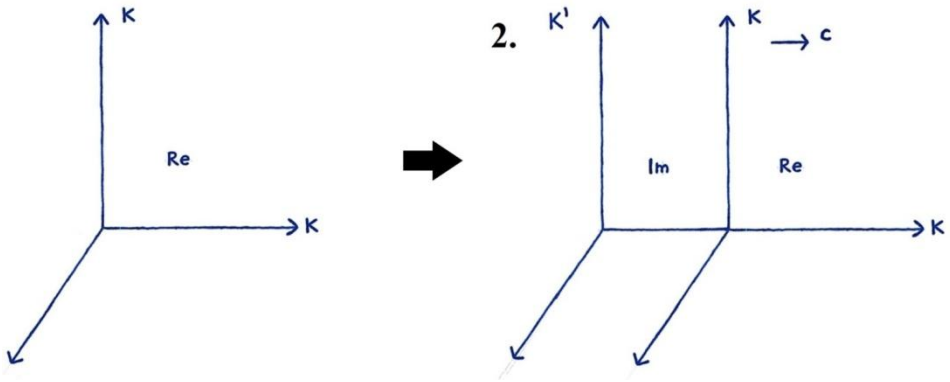
Allolev graafik/joonis näitab kompleksarvu +z ja –z graafilist esitust (punktis 1.), millel on näha reaaltelge Re ja imaginaartelge Im. Kaaskompleksarvuks on –z. Kuna reaaltelg näitab aega t ja imaginaartelg näitab ruumi(pikkust) l’, siis seega järeldub sellest otseselt see, et igal ajahetkel on olemas oma ruumipunkt ehk „ajas rändamise korral peame liikuma mingisuguses ruumidimensioonis“. Sellest tulenevalt saame esitada palju mõistetama joonise (punkt 2.), mille korral on näha hyperruumi K’ ja tavaruumi K koordinaadistikke. Sellisel juhul liigub tavaruum K hyperruumi K’ suhtes kiirusega c ehk mida kauem kestab aeg (mida pikem on ajaperiood), seda pikema tee oleme läbinud hyperruumis K’. Hyperruum K’ oleks antud juhul „imaginaarne ruum“ ja tavaruum K oleks meie igapäevaselt tajutav ruum ehk „reaalne ruum“. Joonis:



Kuna reaaltelg näitab aega t ja imaginaartelg näitab ruumi(pikkust) l', siis seega järeldub sellest otseselt see, et igal ajahetkel on olemas oma ruumipunkt ehk „ajas rändamise korral peame liikuma mingisuguses senitundmatus ruumidimensioonis". Sellest tulenevalt näitame natuke pikemalt seda, et kuidas tuletada tavaruumi ja hyperruumi joonis (2.) imaginaar- ja reaaltelje joonisest (1.):



Joonisel 2. on näha hyperruumi K' ja tavaruumi K koordinaadistikke, mille korral liigub tavaruum K hyperruumi K' suhtes kiirusega c ehk mida kauem kestab aeg (mida pikem on ajaperiood), seda pikema tee oleme läbinud hyperruumis K'. Hyperruum K' oleks sellisel juhul „imaginaarne ruum" ja tavaruum K oleks meie igapäevaselt tajutav ruum ehk „reaalne ruum". Universumi ruum ei piirdu ainult sellise ruumiga, mida me näiteks igapäevaselt kogeme. Selle „varjus" peitub hyperruum K' ehk imaginaarne ruum, mis „eksisteerib" väljaspool tavaruumi K. Hyperruumi K' ja tavaruumi K „eraldab" üksteisest liikumine, mille korral liigub tavaruum hyperruumi suhtes kiirusega c. Joonis:



Siinkohal toome näite matemaatikast. Näiteks pinna võrrandiks ristkoordinaadistikus nimetatakse kolme muutujat sisaldavat võrrandit:

$$F(x, y, z) = 0$$

mida rahuldavad selle pinna iga punkti P (x,y,z) koordinaadid ja ainult need. Seda võrrandit nimetatakse pinna ilmutamata võrrandiks, ilmutatud võrrand esitub: $z = f(x, y)$. Kui aga võrrand on selline, et ruumis ei leidu ühtegi punkti, mille koordinaadid seda võrrandit rahuldavad, siis öeldakse, et see võrrand esitab imaginaarse pinna. Imaginaarne pind eksisteerib imaginaarses ruumis ja see tähendab seda, et imaginaarses ruumis eksisteerivad imaginaarsed objektid ehk imaginaarsed kehad. Imaginaarses ruumis (s.t. imaginaarses maailmas) võivad eksisteerida ka imaginaarsed nähtused.

Kahest võrrandist koosnev süsteem:

$$\begin{cases} F(x,y,z) = 0 \\ \varphi(x,y,z) = 0 \end{cases}$$

esitab reaalses ruumis joone. Kui selline süsteem ei ole kooskõlas, siis pinnad ei lõiku ning matemaatikas räägitakse imaginaarsest lõikejoonest.

Toome ühe näite imaginaarsest objektist. Näiteks sfääri ehk kerapinna üldvõrrand esitatakse matemaatikas järgmiselt:

$$x^2 + y^2 + z^2 + 2ax + 2by + 2cz + d = 0$$

See võrrand esitab sfääri keskpunktiga $K\ (-a, -b, -c)$ ja raadiusega:

$$r = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2 - d}$$

milles võib avalduda:

$$a^2 + b^2 + c^2 > d$$

$$a^2 + b^2 + c^2 = d$$

Kui raadiuse võrrandis avaldub selline olukord:

$$a^2 + b^2 + c^2 < d$$

siis on meil tegemist imaginaarse sfääri pinnaga, millel puuduvad reaalsed punktid. Sellisel juhul on tegemist imaginaarse sfääriga ehk imaginaarse objektiga, mis ei eksisteeri reaalses ristkoordinaadistikus. Imaginaarsed objektid eksisteerivad imaginaarses ruumis.

Kaaskompleksarvu analüüs näitab väga selgesti aja, ruumi ja liikumise omavahelist fundamentaalset seost, mis looduses avaldubki tavaruumi K liikumisena hyperruumi K' suhtes ehk Universumi kosmoloogilise paisumisena.

> „Imaginaarset ruumi" nimetasime „hyperruumiks", milles on väidetavalt võimalik liikuda ajas minevikku ja tulevikku. Eespool nägime seda, et hyperruumi K' ja tavaruumi K omavahelist süsteemi on võimalik tuletada matemaatiliselt Albert Einsteini erirelatiivsusteooriast. See oli matemaatiline tuletus ja analüüs, kuid füüsikalise sisu annab kõigele sellele ajas rändamise füüsikateooria. Selles füüsikateoorias antakse matemaatiliselt tuletatud imaginaarsele ruumile ehk seega hyperruumile füüsikaline tähendus. See tähendab seda, et range matemaatilise tuletuse andis erirelatiivsusteooria, kuid ajas rändamise mõistmiseks on tegelikult vaja neid kahte pealtnäha erinevaid analüüse koos, mitte eraldi omaette olevatena.

Aja ja ruumi omavaheline fundamentaalne seos tuleb välja aja dilatatsiooni nähtusest, mis seisneb selles, et mida lähemale jõuab keha liikumiskiirus valguse kiirusele c vaakumis, seda aeglasemalt käib kell paigalseisva vaatleja suhtes:

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

ehk toimub aja aeglenemise efekt. Kui keha liigub täpselt valguse kiirusega c, siis aeg on aeglenenud lõpmatuseni ehk aega ennast enam ei eksisteerigi:

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \infty$$

See tähendab seda, et keha jõuab „omaajas“ t mistahes Universumi ruumipunkti 0 sekundiga. Tema jaoks ei eksisteeri enam aega. Sama lugu on ka keha pikkusega, mille korral kontrakteerub ehk lüheneb keha pikkus l’ nulliks, kui keha liigub valguse kiirusega c:

$$\frac{l'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{l'}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = l = \infty$$

Keha pikkus l’ võrdub nulliga paigalseisva välise vaatleja suhtes. Kuna aeg võrdub lõpmatusega $t' = \infty$ ja ka keha pikkus (s.t. „ruum“) võrdub lõpmatusega $l = \infty$, siis seega need kaks antud juhul võrduvad omavahel:

$$t' = l$$

Selline võrdus kehtib ainult sellisel tingimusel, et aega ja ruumi enam ei eksisteeri ehk aeg on aeglenenud lõpmatuseni ja „ruumi“ pikkus on lühenenud lõpmatult väikeseks ehk nulliks. Viimasest võrdusest saame:

$$1 = \frac{l}{t'}$$

milles me otseselt lõpmatutega ei arvesta ehk $\frac{l}{t'} = \frac{\infty}{\infty} = 1$. Klassikalisest mehaanikast me teame seda, et teelõigu l ja aja t jagatis defineerib kiirust v ehk $\frac{l}{t} = v$, siis seega viimane võrrand peab näitama tegelikult mingisugust kiirust v. Kuna antud olukorra range tingimus on see, et aega ja ruumi ei eksisteeri, siis seega kiirus v peab võrduma just valguse kiirusega c, kuna valguse kiirusega c liikumise korral ei eksisteeri enam aega ega ruumi:

$$v = c$$

See tähendab nüüd seda, et võrrandi

$$1 = \frac{l}{t'}$$

mõlemad pooled korrutame valguse kiirusega c, tulemuseks saame:

$$c = c\frac{l}{t'}$$

ehk

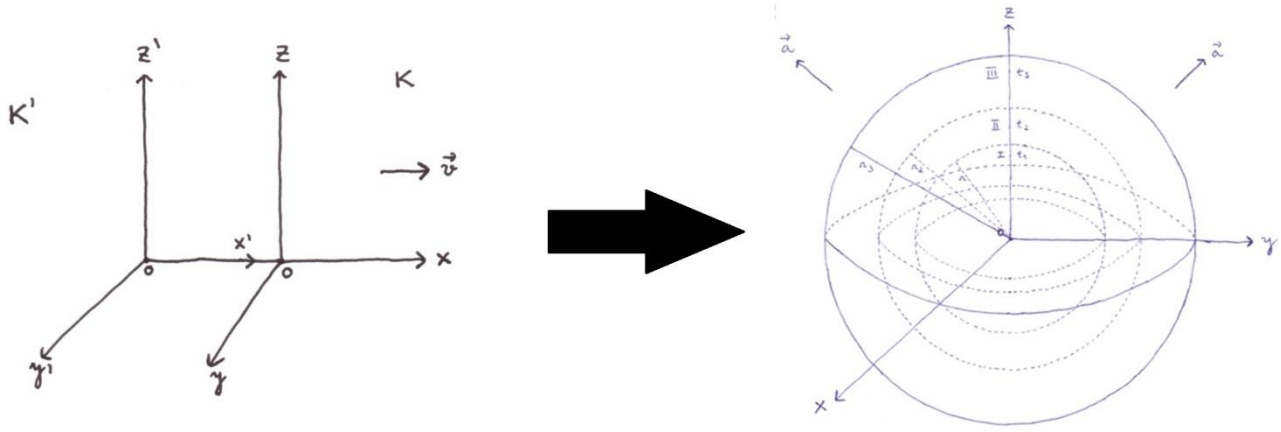
$$ct' = cl = d$$

Saadud tulemus näitab valguse kiirust c, mis näitab seda, et mingisugune seni tundmatu ruum „liigub“ millegi suhtes valguse kiirusega c. Seda tegelikult kirjeldabki kiiruse c definitsiooni valem:

$$ct' = d$$

mille korral on selgesti näha seda, et mida suurem on ajaperiood t' (aeg on kui „liikuv“), seda pikem on teepikkus d ehk seda „rohkem“ liigub ruum. Võib öelda ka nii, et mida pikem on teepikkus d ehk mida „rohkem“ liigub ruum, seda pikem on ka ajaperiood t'. Valguse kiirus c on konstant, mistõttu on muutujateks ainult aeg ja ruum. Valguse kiirus c näitab „mõõdustikku“: näiteks ühe sekundi möödumisel on ruum „liikunud“ 300 000 kilomeetrise vahemaa. Selline avaldis näitab väga selgesti aja, ruumi ja liikumise omavahelist fundamentaalset seost, mis looduses avaldubki tavaruumi K liikumisena hyperruumi K' suhtes ehk Universumi kosmoloogilise paisumisena.

Olgu meil Universumi paisumise mudeliks kera paisumine, mis ei pöörle. Sellisel juhul on kolmemõõtmelise kera kahemõõtmeline pind meie kolmemõõtmelise Universumi kolmemõõtmeline versioon. Kera paisub ja mööda kera pinda ehk kera pinnal liigub keha m. Keha liigub alati risti kera raadiusega. Lihtsuse mõttes liigub keha mööda kera ringjoont, mille pikkus on 2πR. Kera paisumine illustreerib Universumi paisumist, kuid keha m liikumine kera pinnal aga sündmuste ja protsesside kulgemist Universumis. Mitte miski ei saa liikuda valgusest kiiremini. Valguse liikumiskiirus vaakumis ja kera paisumiskiirus on mõlemad võrdsed c-ga. Mida lähemale jõuab keha liikumiskiirus valguse kiirusele c ehk kera paisumiskiirusele, seda aeglasemini liigub keha m paisuva kera pinna suhtes. See illustreerib sündmuste ja protsesside aeglenemist Universumis. Kui kera paisumise kiirus ja keha liikumiskiirus kera pinnal omavahel ühtivad, siis keha m ei liigu enam üldse ja seega aeg on peatunud. Tuleb veelkord märkida seda, et kera paisub, mitte ei pöörle.



Joonis 2 Tavaruumi K ja hyperruumi K´ füüsikaline süsteem avaldub looduses Universumi kosmoloogilise paisumisena.

Kuna keha m liigub alati risti kera raadiusega ja samas ka alati kera paisumisega kaasa, siis keha liikumist paisuva kera pinnal saab kirjeldada Pythagorase teoreemiga järgmiselt:

$$d^2 = l^2 + (vt')^2$$

ehk

$$d = \sqrt{(ct + vt')^2 + (vt')^2}$$

milles c on kera paisumise kiirus (mis ühtib valguse kiirusega vaakumis), d on keha m liikumisest ja kera paisumisest tingitud (resultant)teepikkus, vt´ on ainult keha liikumisest tingitud teepikkus, ct on kera paisumisest tingitud teepikkus, $l = ct + vt'$ on keha m teepikkus paisuva kera pinnal arvestades samas ka kera paisumisest tingitud teepikkuse juurdekasvu ehk ct, t ja t´ on erinevad ajahetked ehk vastavalt kera mittepaisuva ja paisuva oleku ajahetked. Mitte miski ei saa liikuda valgusest kiiremini ehk kera paisumisest kiiremini ja seega d = ct´, mis tähendab seda, et teepikkuse d pidi keha m läbima kiirusega c (mitte sellest suurema kiirusega).

Siinkohal tasub märkida seda, et tuletatud seos:

$$ct' = d$$

oli tuletatud tegelikult juba eespool: $ct' = cl = d$, mille korral tuletati see aja dilatatsiooni võrrandist. See näitab praeguse ja ka järgneva matemaatilise ning füüsikalise analüüsi tulenevust liikuva ruumi eksisteerimisest ehk tavaruumi K ja hyperruumi K' füüsikalisest süsteemist, mitte erirelatiivsusteooriast.

Järgnevalt teeme terve rida matemaatilisi teisendusi, et saada lõplik võrrand, mis kirjeldab antud süsteemi matemaatiliselt. Kuna d = ct´, siis avaldame Pythagorase teoreemist kera paisumise kiiruse c järgmiselt:

$$\frac{\sqrt{l^2+(vt')^2}}{t'} = c,$$

l on keha m teepikkus paisuva kera pinnal arvestades samas ka kera paisumisest tingitud teepikkuse juurdekasvu ehk ct:

$$l = ct + vt'$$

ja seega saame viimase võrrandi lahti kirjutada järgmiselt:

$$\frac{\sqrt{(ct+vt')^2+(vt')^2}}{t'} = c,$$

Viime t´ võrrandi teisele poole, tõstame võrrandi mõlemad pooled ruutu ja kirjutame lahti ruutvõrrandi avaldise:

$$(ct)^2+2(ct)(vt') + (vt')^2+(vt')^2 = (ct')^2$$

Viime ühe liikme $(vt')^2$ teisele poole ja saame

$$(ct)^2+2(ct)(vt') + (vt')^2 = (ct')^2-(vt')^2 = (c^2-v^2)t'^2,$$

jagame viimase saadud võrrandi mõlemad pooled c^2-ga:

$$\frac{(ct)^2+2(ct)(vt') + (vt')^2}{c^2} = \frac{(c^2-v^2)t'^2}{c^2} = \frac{c^2-v^2}{c^2}t'^2 = \left[1-\frac{v^2}{c^2}\right]t'^2.$$

Kuna kehtib ruutvõrrandi matemaatiline seos

$$(ct)^2+2(ct)(vt') + (vt')^2 = (ct+vt')^2,$$

siis saame viimase võrrandi kujuks järgmise avaldise:

$$(ct+vt')^2 = \left[1-\frac{v^2}{c^2}\right]t'^2c^2$$

ehk võrrandi mõlemad pooled ruutjuure alla viies:

$$ct+vt' = \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}t'c.$$

Viimane avaldis ongi meie otsitav lõplik võrrand, mis kirjeldab antud füüsikalist süsteemi. Tegemist on tegelikult üldvõrrandiga, millest on võimalik tuletada terve rida väga tähtsaid fundamentaal-füüsikalisi- ja matemaatilisi seoseid ja järeldusi. Võib ka nii öelda, et tegemist on ühe põhivõrrandiga, mille järeldused on heas kooskõlas ajas rändamise füüsikateooria aluspõhimõtetega. Neid järeldusi on relatiivsusteooria ja kvantmehaanika osas põhjalikumalt uuritud ja analüüsitud. Kuid eelnevalt matemaatiliselt tuletatud ajas rändamise üldvõrrandis

$$ct + vt' = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\, t'c$$

võib järgmine liige võrduda nulliga:

$$vt' = 0$$

ja seetõttu saame võrrandi kujuks:

$$ct = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\, t'c$$

Pikkust või kahe ruumipunkti vahelist kaugust l kolmemõõtmelises ruumis kirjeldab meile järgmine tuntud võrrand:

$$l^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2$$

milles olevad kolmemõõtmelise ruumi koordinaadid on avaldatavad:

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

$$\Delta y = y_2 - y_1$$

$$\Delta z = z_2 - z_1$$

Aja koordinaat võrdub aga järgmiselt:

$$t' = \Delta t = t_2 - t_1$$

Eelnevaid seoseid arvestades saame kiiruse v definitsiooni

$$v = \frac{l}{\Delta t}$$

Tõstame viimase kiiruse v võrrandi ruutu

$$v^2 = \frac{l^2}{\Delta t^2} = \frac{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}{\Delta t^2}$$

ja niisamuti ka eelnevalt tuletatud ajas rändamise üldvõrrandi:

$$(ct)^2 = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)(t'c)^2$$

Viimasest võrrandist kirjutame lahti kiiruse v definitsiooni eelnevalt tuletatud seoste kaudu:

$$(ct)^2 = \left(1 - \frac{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}{\Delta t^2 c^2}\right)(\Delta tc)^2 = \Delta t^2 c^2 - (\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2)$$

Saadud võrrandit

$$c^2t^2 = \Delta t^2c^2 - \Delta x^2 - \Delta y^2 - \Delta z^2$$

nimetatakse „aegruumi intervalliks“, mis näitab kahe sündmuse või kahe ruumipunkti vahelist kaugust aegruumis ehk ajas ja ruumis. Selles tuletatud võrrandis on näha seda, et aeg t

$$t = \tau$$

on otseselt seotud valguse kiirusega c

$$c\tau = s$$

ehk

$$c = \frac{s}{\tau}$$

mis tegelikult näitabki seda, et tavaruum K „liigub“ hyperruumi K´-i suhtes kiirusega c. Seda on võimalik niimoodi tõlgendada, kuna intervalli võrrand

$$s^2 = \Delta t^2c^2 - \Delta x^2 - \Delta y^2 - \Delta z^2$$

oli otseselt tuletatud ajas rändamise üldvõrrandist:

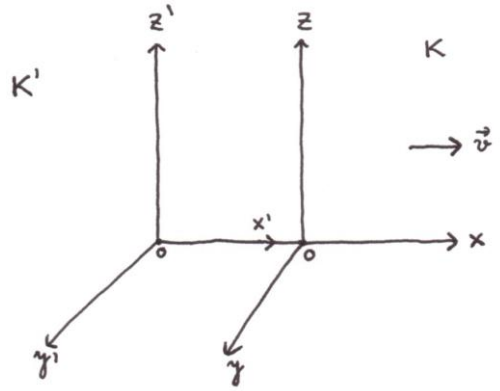
$$ct + vt' = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\, t'c$$

2.2.18.3 Hyperruumi mõiste

Tavaruumi mõiste all mõeldakse sellist ruumi dimensiooni, milles inimesed igapäevaselt eksisteerivad. See tähendab seda, et tavaruumis eksisteerib kogu Universumi materiaalne maailm. Mõnikord võrdsustatakse omavahel tavaruumi ja vaakumi mõisteid, kuid see pole päris õige. Vaakum on tühi ruum, mis ei sisalda aatomeid ega molekule. Kuid saab öelda, et vaakum eksisteerib tavaruumis ehk see on tavaruumi osa. Seetõttu mõeldakse vaakumi mõiste all vahel ka tavaruumi tähendust.

Hyperruum on hüpoteetiline aegruum, mis eksisteerib meie igapäevaselt tajutavast ajast ja ruumist väljapool. Ehkki hyperruum (ja ka hyperaeg) sisaldavad endas aja ja ruumi igapäevaseid mõisteid, siis reaalselt ehk tegelikult ei sisalda hyperruum endas mitte mingisuguseid aja- ja ruumidimensioone. Kuid sellegipoolest kujutatakse hyperruumi geomeetrilistes mudelites kolme- või isegi neljamõõtmelise koordinaatsüsteemina, mis eksisteerib paralleelselt meie tavalise aegruumi kõrval. Hyperruum on nagu paralleelaegruum (mitte segi ajada paralleelmaailmaga), milles ei eksisteeri aega ega ruumi. Hyperruum on nagu väljaspool aegruumi eksisteeriv ajatu ja ruumitu dimensioon.

Me kõik eksisteerime ajas ja ruumis ehk aegruumis. Kuid väljaspool aegruumi ei eksisteeri enam aega ega ruumi. Füüsikaliselt avaldub aja ja ruumi eksisteerimise lakkamine nii, et aeg on peatunud ehk aeglenenud lõpmatuseni ja kahe ruumipunkti vaheline kaugus vähenenud samuti lõpmatuseni. Selliseid nähtusi leidub näiteks mustade aukude tsentrites ja vaakumis valguse kiirusega liikudes. Sellistesse aegruumi piirkondadesse sattumise korral eksisteerib keha „väljaspool aegruumi“, sest aja ja ruumi eksisteerimine on lakanud, mis on võimalik ainult väljaspool aega ja ruumi.



Joonis 1 Tavaruum K liigub hyperruumi K´ suhtes kiirusega c.

Hyperruumis oleva aja ja ruumi eksisteerimise lakkamine tähendab tegelikult seda, et keha „liikumine“ hyperruumis ei võta enam aega ega ruumi. Kuid erinevatel joonistel kujutatakse hyperruumi ikkagi tavalise aegruumi koordinaatsüsteemina. Hyperruumi võibki piltlikult ette-kujutada aegruumi koordinaatsüsteemina, kuid mis eksisteerib „väljaspool“ meie tavalist aegruumi. Miski, mis on „väljaspool“, on midagi sootuks teistmoodi. Näiteks „väljaspool“ aegruumi ei ole enam olemas aega ega ruumi. Selles seisnebki füüsikaline põhjus, et miks hyperruumis ei ole enam aega ega ruumi ja miks hyperruumis „liikudes“ kehad teleportreeruvad. Kui liikuda „ajast ja ruumist välja“, siis seda aega ja ruumi enam ei eksisteeri. Ajas ongi võimalik rännata ainult siis, kui sellest „välja“ minna nagu tegelane „väljub“ filmist ja hakkab kerima filmilinti soovitut suunas.

Stringiteoorias eeldatakse, et aegruumi mõõtmeid on rohkem kui neli. See on stringiteooria üheks põhialuseks. Kuid ajas rändamise teooria korral on see hoopis vastupidi. Aegruumi mõõtmeid ei tule juurde, vaid need hoopis vähenevad (ehk lakkavad eksisteerimast). Ja seetõttu on tegemist stringiteooria „vastandteooriaga“. Näiteks mida lähemale rongi liikumise kiirus jõuab valguse kiirusele vaakumis, seda enam aegleneb aeg rongis ja rongi pikkus lüheneb vaatleja jaoks, kes vaatleb rongi liikumist kõrvalt. Kuid rongi sees olevale vaatlejale liigub aeg tavapärase kiirusega ja rongi pikkus on sama, mis paigalseisteski. Kui rongis liigub välisvaatleja jaoks aeg lõpmatuseni (ehk aeg on peatunud ehk aega enam ei ole) ja rongi pikkus on kahanenud lõpmatuseni (ehk kahanenud nulliks), siis rongi sees olev vaatleja ja rongist väljas olev vaatleja ei saa olla enam omavahel kontaktis. See tähendab sisuliselt seda, et igasuguse aja ja ruumi koos-teisenemise korral hakkab kontakt keha ja aegruumi vahel, milles keha eksisteerib, kaduma. Keha nagu „väljuks“ ajast ja ruumist. Ajas rändamise korral peab keha olema ju ajast väljas, et see saaks üldse liikuda ühest ajahetkest teise. See on üldse esimene füüsikaline tingimus sooritamaks tõelist aja rännakut.

2.2.18.3.1 Hyperruum ja „ajanool“

Termodünaamika teine seadus ütleb meile, et kõik looduslikud protsessid kulgevad nende olekute tõenäosuse kasvamise suunas. Seega seisneb entroopia mõiste suurima tõenäosusega oleku saavutamises, mille määrab ära aja kulgemine minevikust tulevikku ehk “ajanool”. See tähendab, et aeg on “asümmeetriline“. Kuna ajalise sümmeetria rikkumine toimub mõningates mikroosakeste vahel toimuvates nõrga jõu protsessides, siis seega järeldatakse sellest, et entroopia kasvu seadus võib olla tingitud “aja suunatusest“. Entroopia kasvamise seadus on kosmoloogilise päritoluga ja see määrab ära protsesside kulgemise suuna kogu Universumis.

Näiteks Universumi entroopia tervikuna ajas ainult kasvab, mille käigus tekivad ka lokaalsed keerulised korrapärased struktuurid (näiteks tähed, elu, planeedid jne). Korrapäraste struktuuride

tekkimine tähendab Universumi entroopia lokaalset kahanemist, mis toimub sellise energia kvaliteedi arvel, mis saadakse väljaspoolt või äraandmisel. See põhjustab kusagil mujal suuremat entroopia kasvamist. Entroopia kasvamise seadus ilmneb ainult küllalt suure osakeste kogumi korral, s.t. üksiku molekuli korral see ei ilmne. Seetõttu on termodünaamika teine seadus statistilise iseloomuga, mis tegelikult märgibki entroopia seost suure osakeste hulgaga.

Entroopia aitab füüsikas leida temperatuuri, keemilist potentsiaali, rõhku ja teisi termodünaamilisi parameetreid. Seetõttu on entroopia statistilise termodünaamika üks põhimõisteid, millel on väga palju erinevaid definitsioone:

> Termodünaamika teise printsiibi definitsioon entroopia mõistet kasutades kõlab nii, et “isoleeritud süsteemi entroopia kasvab seni, kuni saavutab oma suurima väärtuse antud tingimustel”. Selline asjaolu vihjab, et entroopiat võib mõista ka protsesside pööramatuse mõõduna.
>
> „Soojuslikult isoleeritud süsteemi entroopia saab ainult kasvada või jääda konstantseks.“
>
> „Soojus ei saa iseenesest üle minna külmemalt kehalt soojemale kehale.“
>
> „Energia jäävuse seadus toimib sõltumatult termodünaamika teisest seadusest.“

Kõik protsessid ja nähtused Universumis toimuvad ajas ja ruumis, väljaarvatud mõned kvantfüüsika valdkonda kuuluvad nähtused (näiteks osakeste kvantpõimumised). Aeg kulgeb kõikjal minevikust tulevikku, mida füüsikas mõistetakse üldiselt „kestvusena“. Seetõttu esineb kogu Universumis „mõtteline“ ajanool, mis sai pealtnäha „alguse“ Universumi Suure Pauguga. Ajanoole seaduspärasus on kosmoloogilise päritoluga ja aja jooksul mitte muutuv. Kõik füüsikaseadused peavad alluma ajanoole seaduspärasusele ehk olema sellega kooskõlas, mitte minema sellega vastuollu. Ajas rändamine minevikku oleks pealtnäha vastuolus ajanoole seaduspärasusele, kuid ajanoole tekkimise põhjuse tundma õppimine lükkaks sellise arusaama kindlalt ümber.

„Ajanoole“ tekkimist Universumis näitavad aja ja ruumi teisenemised erinevates dimensioonides. Aja ja ruumi teisenemised avalduvad näiteks valguse kiirusega liikumise korral. Näiteks mida lähemale jõuame keha liikumiskiirusele c tavaruumis, seda aeglasemalt kulgeb aeg ehk liikumine läheneb ajatu ja ruumitu dimensioonile, milleks ongi hyperruum. Liikudes tavaruumis valguse kiirusega c läheb ajavahe t’ lõpmata suureks, kuna sellisel juhul võrdub see paigalolekuga hyperruumis:

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \infty$$

See tähendab füüsikaliselt seda, et kui keha on hyperruumis paigal, siis esinevad aja ja ruumi lõpmatud teisenemised, näiteks aeg on aeglenenud lõpmatuseni. Kuid valguse kiirusega liikumise korral hyperruumis ei avaldu enam aja ja ruumi teisenemised, kuna sellisel juhul on keha tavaruumi suhtes paigal. Tavaruumis eksisteerivad aeg ja ruum. Seetõttu eksisteerivad aeg ja ruum (ilma igasuguse teisenemiseta) ka nendele kehadele, mis liiguvad tavaruumiga kaasa kiirusega c.

Kui keha on hyperruumis paigal, siis on näiteks aeg aeglenenud lõpmatuseni ehk seega aega ei eksisteeri. Kui aga keha liigub hyperruumis valguse kiirusega c, siis sellisel juhul kulgeb aeg normaalset jada pidi ehk aeg ei ole aeglenenud. Tavaruumis esinevad sellised nähtused (aja ja ruumi teisenemised) täpselt vastupidi. Näiteks kui vaakumis on keha paigal, siis aeg ei ole aeglenenud. Kui aga keha liigub vaakumis valguse kiirusega c, siis aeg on aeglenenud lõpmatuseni ehk seega aja eksisteerimine on lakanud.

Kuna aja ja ruumi teisenemised avalduvad tavaruumis ja hyperruumis erinevalt, siis see tõestabki, et tavaruumis ilmneb „ajas eksisteerimine“ ehk kulgemine minevikust tulevikku. Tavaruum „liigub“ hyperruumi suhtes ainult ühes suunas ja see põhjustabki tavaruumis „ajanoole“

olemasolu, mis väljendubki füüsikaliste nähtuste eksisteerimisena minevikust tulevikku. Seda saabki tõestada aja ja ruumi teisenemiste kaudu. Näiteks kui keha on hyperruumis paigal, siis on aeg aeglenenud lõpmatuseni ehk seega aega ei eksisteeri. Hyperruum on aegruumi väline dimensioon, milles ei eksisteerigi aega ega ruumi. Kui aga keha liigub hyperruumis valguse kiirusega c, siis sellisel juhul kulgeb aeg normaalset jada pidi ehk aeg ei ole aeglenenud. Sellisel juhul tekib ajas eksisteerimine. Tavaruumis esinevad sellised nähtused täpselt vastupidi. Näiteks kui vaakumis on keha paigal (hyperruumi suhtes liigub valguse kiirusega c), siis aeg ei ole aeglenenud. Kui aga keha liigub vaakumis valguse kiirusega c (hyperruumi suhtes on paigal), siis aeg on aeglenenud lõpmatuseni ehk seega aja eksisteerimine on lakanud.

Aja ja ruumi teisenemised erinevates dimensioonides (s.t. tavaruumis ja hyperruumis) ongi põhjuseks erirelatiivsusteoorias kirjeldatavatele aja ja ruumi teisenemistele. Erirelatiivsusteooria ütleb, et vaakumis liikuva keha korral kiirusega c kulgeb aeg lõpmata aeglaselt ehk aja dilatatsioon võrdub lõpmatusega. Selline asjaolu tulenebki sellest, et hyperruumi suhtes on keha sellisel juhul paigal, mistõttu peab aeg olema aeglenenud lõpmatuseni. Sellisel juhul ei eksisteeri enam aega. See näitab aja ja ruumi teisenemiste põhjuste ja tagajärgede omavahelist seost. Näiteks aja ja ruumi teisenemised hyperruumis ja tavaruumis ei tulene erirelatiivsusteoorias kirjeldatavatest aja ja ruumi teisenemistest, vaid erirelatiivsusteoorias kirjeldatavad aja ja ruumi teisenemised tulenevad ise erinevate dimensioonide aja ja ruumi teisenemistest ehk hyperruumi ja tavaruumi füüsikalisest süsteemist. Võib ka nii öelda, et relatiivsusteooria tuleneb ajas rändamise füüsikateooriast, kuna ajas rändamise füüsikateooria aluseks on hyperruumi ja tavaruumi füüsikaline süsteem, millel tegelikult põhinevadki relatiivsusteoorias kirjeldatavad aja ja ruumi teisenemised.

Peab ära märkima, et ka valguse suhtes liiguvad Universumis kõik kehad kiirusega c. Sellest võib jääda ekslik mulje, et hyperruumi ja tavaruumi füüsikalist süsteemi polegi tegelikult vaja. Piisab ainult sellest, kui me arvestame sellise füüsikaga, mille korral liiguvad kõik kehad Universumis valguse suhtes kiirusega c. Tegelikult ei ole see õige. Põhjus seisneb selles, et hyperruumi ja tavaruumi füüsikaline süsteem, mis on aluseks kogu ajas rändamise füüsikateooriale, on palju sügavam füüsika ja palju kaugemale ulatuvate tagajärgedega füüsikaline mudel, mille korral saab seletuse väga paljud füüsikanähtused. Kui me arvestaksime ainult kehade liikumistega valguse suhtes, siis me sellega väga kaugele ei jõuaks. Mõned lihtsad füüsikanähtused saaks küll seletatud, kuid paljud teised jääksid seletuseta.

Albert Einsteini erirelatiivsusteoorias avalduvad aja ja ruumi teisenemised siis, kui keha liigub valguse kiirusega c või tema liikumiskiirus läheneb sellele. Näiteks mida lähemale jõuab keha liikumiskiirus valguse kiirusele c vaakumis, seda aeglasemalt „liigub“ aeg välisvaatleja suhtes. Kuid aja ja ruumi teisenemised võivad toimuda ka erinevates dimensioonides. Näiteks kui hyperruumis on keha paigal, siis aeg on aeglenenud lõpmatuseni ehk seega aega ei eksisteeri. Kuna hyperruum on aegruumi väline dimensioon, siis seega on aja mitte-eksisteerimine hyperruumis täiesti mõistetav. Kui aga keha liigub hyperruumis valguse kiirusega c, siis aja teisenemist enam ei toimu ehk aeg kulgeb normaalset jadapidi. Sellisel juhul on tegemist juba tavaruumiga, milles eksisteerib aeg. Erirelatiivsusteoorias avalduvad aja ja ruumi teisenemised erinevates taustsüsteemides, mille korral esinevad need millegi või kellegi suhtes. Sellisel juhul peab arvestama relatiivsusega ehk suhtelisusega. Kuid aja ja ruumi teisenemised võivad avalduda ka erinevates dimensioonides, mille korral ei esine need millegi või kellegi suhtes, vaid on absoluutse iseloomuga. Sellisel juhul ei arvestata enam relatiivsusega.

Kuna hyperruum ja tavaruum ei ole taustsüsteemid ja valguse kiirus c on konstantne mistahes vaatleja või taustsüsteemi suhtes ehk seega absoluutne kogu tavaruumis, siis seetõttu on aja ja ruumi teisenemised erinevates dimensioonides absoluutsed, mitte suhtelised. Tavaruum on dimensioon, mis hõlmab korraga kogu meie teadaolevat Universumit. Valguse kiiruse c konstantsuse printsiip kehtib kõikjal tavaruumis, näiteks mistahes vaatleja või taustsüsteemi suhtes. Võib ka nii öelda, et tavaruum on dimensioon, milles avaldub valguse kiiruse c konstantsuse printsiip. Hyperruum on aegruumi väline ehk seega tavaruumi väline dimensioon.

2.2.18.4 Plancki aeg ja Plancki pikkus

Plancki pikkuse l ja Plancki aja t jagatis annab meile valguse kiiruse c ehk „Plancki kiiruse v“:

$$v^2 = \frac{l^2}{t^2} = \frac{Ghc^5}{c^3 Gh} = c^2$$

ehk

$$c = \frac{l}{t}$$

Plancki aja ja Plancki pikkuse olemasolu ehk selle tulenemine aegruumi füüsikast näitab, et hyperruumi dimensioon „eksisteerib“ väljaspool aegruumi, mida on võimalik mõista Plancki aja ja Plancki pikkuse „järgse“ dimensioonina. See tähendab seda, et hyperruum „algab“ sealt, kust lõpeb meie tajutav aegruum. Meie tajutavat aegruumi „piirabki“ Plancki aeg ja Plancki pikkus.

Plancki aja t ja Plancki pikkuse l tuletamine aegruumi füüsikast algabki tegelikult ajas rändamise üldvõrrandist:

$$ct + vt' = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\, t'c$$

Sellest saame omakorda järgmise avaldise:

$$ct = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\, t'c$$

milles vt` = 0. Saadud tulemus kattub täielikult erirelatiivsusteooriast tuntud kinemaatilise aja dilatatsiooni võrrandiga:

$$t` = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

millest on võimalik omakorda „tuletada“ gravitatsioonilise aja dilatatsiooni võrrand:

$$t` = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{2GM}{c^2 r}}} = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{R}{r}}}$$

Viimases avaldises on kasutatud Schwarzschildi raadiust R:

$$R = \frac{2GM}{c^2}$$

planeedi paokiirust v:

$$v^2 = \frac{2GM}{r}$$

ja gravitatsioonipotentsiaali U avaldist:

$$\frac{GM}{r} = U$$

Plancki pikkuse l ja Plancki aja t saame otseselt tuletada gravitatsioonipotentsiaali U võrrandist:

$$U = \frac{GM}{R}$$

kui me avaldame massi M seisuenergia seosest:

$$M = \frac{E}{c^2}$$

ja energia E omakorda määramatuse relatsioonist aja t ja energia E vahel:

$$E = \frac{h}{2}\frac{1}{t}$$

Gravitatsioonipotentsiaali võrrand tuleb seega kujul:

$$U = G\frac{h}{2}\frac{1}{c^2 t}\frac{1}{R} = G\frac{h}{2}\frac{1}{l^2 c}$$

Gravitatsioonipotentsiaal on Schwarzschildi raadiusega R seotud järgmiselt:

$$c^2 = \frac{2GM}{R} = 2U$$

millest saame omakorda suurima võimaliku gravitatsioonipotentsiaali kogu Universumis:

$$\frac{c^2}{2} = U$$

Sellest tulenevalt saame võrrandi U:

$$U = G\frac{h}{2}\frac{1}{l^2 c}$$

kirjutada kujule:

$$l^2 = \frac{Gh}{c^3}$$

Tegemist ongi juba Plancki pikkusega:

$$l = \sqrt{\frac{Gh}{c^3}} = 1{,}616\ 229(38) * 10^{-35}\ m$$

millest väiksematel ruumi skaaladel ei ole enam tajutavat füüsikalist reaalsust ehk Universumi eksistensi. Teades aja t definitsiooni klassikalisest mehaanikast:

$$t = \frac{l}{v}$$

saame tuletada ka Plancki ajaperioodi:

$$t^2 = \frac{l^2}{c^2} = \frac{Gh}{c^5}$$

ehk

$$t = \sqrt{\frac{Gh}{c^5}} = 5{,}39121 * 10^{-44}\ s$$

millest väiksematel ajaperioodidel ei ole Universumis enam tajutavat füüsikalist mõtet. Plancki aja ja Plancki pikkuse matemaatilisel tuletamisel kasutasime seisuenergia E seost:

$$M = \frac{E}{c^2}$$

ja määramatuse relatsiooni kvandi energia E ja aja t vahel:

$$E = \frac{h}{2}\frac{1}{t}$$

Mõlemaid seoseid on võimalik matemaatiliselt tuletada ja analüüsida ajas rändamise üldvõrrandist, mis omakorda kinnitab seda, et hyperruumi dimensioon on meie igapäevaselt tajutavast aegruumist ehk tavaruumist väljapool alates Plancki ajast ja Plancki pikkusest. Tavaruum ise on meile tajutav kuni Plancki ajani ja Plancki pikkuseni. Seisuenergia ja määramatuse relatsioon kvandi energia ja aja vahel on põhjalikumalt analüüsitud ja tuletatud ajas rändamise füüsikateooria relatiivsusteooria ja kvantfüüsika erinevates osades.

2.2.18.5 Plancki pinna mõiste

Plancki aja ja pikkuse valemite matemaatilisel tuletamisel kasutasime Schwarzschildi raadiuse R avaldist:

$$R = \frac{2GM}{c^2}$$

Selline võrrand on tuntud eelkõige Schwarzschildi meetrikast:

$$ds^2 = \left(1 - \frac{R}{r}\right)c^2dt^2 - \frac{1}{\left(1 - \frac{R}{r}\right)}dr^2 - r^2(d\theta^2 + sin^2\theta d\varphi^2)$$

ehk

$$ds^2 = \left(1 - \frac{R}{r}\right)c^2dt^2 - \frac{1}{\left(1 - \frac{R}{r}\right)}dr^2$$

ja

$$ds^2 = r^2(d\theta^2 + sin^2\theta d\varphi^2) = dl^2$$

mille korral näitab Schwarzschildi raadius R (geomeetrilise) kerakujulise pinna raadiust, mille pinnal (ja tegelikult ka sees) on aeg ja ruum „kõverdunud“ lõpmatuseni ehk aja ja ruumi eksisteerimised lakkavad olemast. See väljendub gravitatsioonilises aja dilatatsioonis:

$$ds^2 = \left(1 - \frac{R}{r}\right)c^2dt^2$$

ehk

$$t` = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{R}{r}}} = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{R}{R}}} = \infty$$

ja gravitatsioonilises ruumi kontraktsioonis:

$$ds^2 = \frac{1}{\left(1 - \frac{R}{r}\right)} dr^2$$

ehk

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{R}{r}} = l_0 \sqrt{1 - \frac{R}{R}} = 0$$

Schwarzschildi raadius R näitab kerakujulise aegruumi lõkspinna ehk Schwarzschildi pinna suurust, millel on aegruum kõverdunud lõpmatuseni ehk aja ja ruumi füüsikaline eksisteerimine on lakanud:

$$R = \frac{GM}{c^2} = \sqrt{\frac{e^2 G}{4\pi\varepsilon_0 c^4}}$$

Aeg ja ruum lakkavad eksisteerimast niisamuti ka Plancki pikkuse l mõõtkavas:

$$4\pi R = 1{,}73415 * 10^{-35}\ m$$

ehk

$$l = \sqrt{\frac{Gh}{c^3}} = 1{,}616 * 10^{-35}\ m$$

See tähendab seda, et Plancki pikkusest l väiksematel mõõtkavadel ei ole Universumil enam füüsikalist eksistensi. Niimoodi moodustab Plancki pikkus l väikseima võimaliku ruumi mõõtkava, mis hõlmab ühtlaselt kogu Universumi kolmemõõtmelist ruumi. Seda nimetame „Plancki pinnaks S“. See tähendab, et mida väiksemasse ruumi mõõtkavasse jõuda, seda lähemale jõuame Plancki pinnani S.

2.2.18.6 Kvantgravitatsioon

Universumi füüsikaseadused hakkavad kehtima alles „Plancki pikkuse“ skaalast alates:

$$l = 1{,}616\,229(38) * 10^{-35}\ m$$

Plancki pikkuse läbimõõduga ruumalasse ei mahuks absoluutselt mitte ükski teadaolev osake. Samasugune põhimõte kehtib tegelikult ka ajaga, mille korral väikseim võimalik ajaperiood vastab „Plancki ajale“ t:

$$t = 5{,}39121 * 10^{-44}\ s$$

See tähendab seda, et ruumi mõõtmetel vahemikul:

$$0 \ldots 10^{-35}\ m$$

ja ajaperioodidel vahemikul:

$$0 \ldots 10^{-44}\ s$$

ei ole füüsikaliselt absoluutselt mõtet, küll aga omab matemaatilist mõtet. Plancki pikkuse l ja

Plancki aja t saame otseselt tuletada gravitatsioonipotentsiaali U võrrandist:

$$U = \frac{GM}{R}$$

Näiteks saame massi M avaldada seisuenergia seosest:

$$M = \frac{E}{c^2}$$

ja energia E omakorda määramatuse relatsioonist aja t ja energia E vahel:

$$E = \frac{h}{2}\frac{1}{t}$$

Gravitatsioonipotentsiaali võrrand tuleb seega kujul:

$$U = G\frac{h}{2}\frac{1}{c^2 t}\frac{1}{R} = G\frac{h}{2}\frac{1}{l^2 c}$$

Gravitatsioonipotentsiaal on Schwarzschildi raadiusega R seotud järgmiselt:

$$c^2 = \frac{2GM}{R} = 2U$$

millest saame omakorda suurima võimaliku gravitatsioonipotentsiaali kogu Universumis:

$$\frac{c^2}{2} = U$$

Sellest tulenevalt saame võrrandi U:

$$U = G\frac{h}{2}\frac{1}{l^2 c}$$

kirjutada kujule:

$$l^2 = \frac{Gh}{c^3}$$

Tegemist ongi juba Plancki pikkusega:

$$l = \sqrt{\frac{Gh}{c^3}} = 1{,}616\ 229(38) * 10^{-35}\ m$$

millest väiksematel ruumi skaaladel ei ole enam füüsikalist reaalsust ehk Universumi eksistensi.
Teades aja t definitsiooni klassikalisest mehaanikast:

$$t = \frac{l}{v}$$

saame tuletada ka Plancki ajaperioodi:

$$t^2 = \frac{l^2}{c^2} = \frac{Gh}{c^5}$$

ehk

$$t = \sqrt{\frac{Gh}{c^5}} = 5{,}39121 * 10^{-44}\ s$$

millest väiksematel ajaperioodidel ei ole Universumis enam füüsikalist mõtet. Plancki pikkuse ja Plancki aja jagatis annab meile valguse kiiruse c ehk „Plancki kiiruse v“:

$$v^2 = \frac{l^2}{t^2} = \frac{Ghc^5}{c^3 Gh} = c^2$$

ehk

$$c = \frac{l}{t}$$

Kuna Universumi väikseim võimalik „ruumi pikkus“ saab olla ainult Plancki pikkus l, siis seega ei saa gravitatsiooniline ruumi kontraktsiooni võrrand võrduda nulliga:

$$l = l_0\sqrt{1 - \frac{R}{r}} \neq l_0\sqrt{1 - \frac{R}{R}} = 0$$

Raadiuste R ja r suhe ei saa võrduda ühega:

$$\frac{R}{r} \neq \frac{R}{R} = 1$$

kuna Plancki pikkusest l ei saa olla mitte miski „väiksem“:

$$\frac{R}{r} \geq l$$

Samasugune põhimõte kehtib ka gravitatsioonilise aja dilatatsiooni valemi korral:

$$t` = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{R}{r}}} \neq \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{R}{R}}} = \infty$$

milles t on näiteks Plancki aeg. Füüsikaline sisu seisneb selles, et aegruumi kõverus esineb vastavalt Schwarzschildi meetrikale (või Einsteini gravitatsioonivälja tensorvõrrandile) KUNI Plancki pikkuseni l ja PÄRAST SEDA on aegruum kõverdunud koheselt lõpmatuseni. Alates Plancki pikkusest l „väiksemas mõõtkavas“ avaldub koheselt aegruumi lõpmatu kõverdus ehk aegruumi füüsikalise eksisteerimise lakkamine:

> See tähendab, et kahe ruumipunkti vaheline kaugus saab väheneda ainult kuni Plancki pikkuseni l ja pärast seda muutub kahe ruumipunkti vaheline kaugus „koheselt“ nulliks. Kuid samas ruumipunktide vahelised kaugused ja niisamuti ka ajaperioodid võivad olla lõpmata suured.

Järsk üleminek aegruumi lõpmatule kõverusele ülimalt väikeses aegruumi mastaabis (s.t. Plancki pikkusel l) ongi käesoleva kvantgravitatsiooniteooria põhisisu.

2.2.18.7 Universumi piirid

Käesolev peatükk kirjeldab Universumi füüsilisi piire mõistmaks sellest väljapool olevat reaalsust. Järgnevalt näitame seda, et kuidas Universumi piirid on seotud tavaruumi ja hyperruumi füüsikalise süsteemiga. Esimene tuleneb teisest ja seda on hästi näha triviaalse matemaatilise analüüsi kaudu. Universumi piire näitavad Plancki konstandid, mis on füüsikas hästi teada. Kuid selle seoseid tavaruumi ja hyperruumi füüsikalise süsteemiga ei ole seni olnud veel teada. See on oluline seetõttu, kuna see näitab tavaruumi ja hyperruumi füüsikalise süsteemi rakendatavust reaalsele maailmale. See tähendab, et me kirjeldame reaalset maailma, mitte hüpoteetilist reaalsust, mida pole tegelikult olemas.

Valguse kiirus c vaakumis

Valguse kiirus c vaakumis on teadaolevalt suurim kiirus Universumis. Seda kiirust ei ole seisumassi omavatel kehadel võimalik ületada. Nullise seisumassiga kehad saavad liikuda valguse kiirusega c. Valguse kiiruse arvväärtus ja selle konstantsus kogu aegruumis tuleneb sellest, et tavaruum K liigub hyperruumi K' suhtes täpselt valguse kiirusega c, mistõttu esinevad sellised nähtused nagu aja dilatatsioon ja kehade pikkuste kontraktsioon. See tähendab, et ületades valguse kiirust aegruumis, jõutakse hyperruumi ehk aegruumist väljapoole. Selles mõttes on valguse kiiruse rolli hyperruumi ja tavaruumi füüsikalise süsteemi suhtes lihtne mõista. Selles ei esine sisemisi vastuolulisusi ja seda on füüsikutel suhteliselt lihtne ettekujutada.

Plancki aeg t ja Plancki pikkus l

Tavaruum K liigub hyperruumi K´-i suhtes valguse kiirusega c. See kiirus võrdub Plancki pikkuse l ja Plancki aja t jagatisega ehk tegemist on „Plancki kiirusega v“:

$$v^2 = \frac{l^2}{t^2} = \frac{Ghc^5}{c^3 Gh} = c^2$$

ehk

$$c = \frac{l}{t}$$

See tähendab seda, et Universumi füüsikaseadused hakkavad kehtima alles „Plancki pikkuse l“ skaalast alates:

$$l = \sqrt{\frac{Gh}{c^3}} = 1{,}616\ 229(38) * 10^{-35}\ m$$

millest väiksematel ruumi skaaladel ei ole enam tajutavat füüsikalist reaalsust ehk Universumi eksistensi. Plancki ajaperiood t on seotud samuti valguse kiirusega c:

$$t^2 = \frac{l^2}{c^2} = \frac{Gh}{c^5}$$

ehk

$$t = \sqrt{\frac{Gh}{c^5}} = 5{,}39121 * 10^{-44}\ s$$

Sellest väiksematel ajaperioodidel ei ole Universumis enam tajutavat füüsikalist mõtet.

Plancki kiirus v

Plancki aja t ja Plancki pikkuse l seos valguse kiirusega c:

$$v^2 = \frac{l^2}{t^2} = \frac{Ghc^5}{c^3Gh} = c^2$$

ja tavaruumi ning hyperruumi füüsikaline süsteem näitavad, et hyperruumi dimensioon „eksisteerib“ väljaspool aegruumi, mida on võimalik mõista Plancki aja ja Plancki pikkuse „järgse“ dimensioonina. See tähendab seda, et hyperruum „algab“ sealt, kust lõpeb meie tajutav aegruum. Meie tajutavat aegruumi „piirabki“ Plancki pikkus ja Plancki aeg, mille jagatis võrdub valguse kiirusega c.

Hyperruumi dimensioon eksisteerib meie igapäevaselt tajutavast aegruumist ehk tavaruumist väljapool, alates Plancki pikkusest ja Plancki ajast. Tavaruum ise on meile tajutav kuni Plancki ajani ja Plancki pikkuseni.

Plancki aeg t ja Plancki pikkus l on aluseks kõikidele teistele suurustele, mis algab „Plancki“ nimega (näiteks Plancki energia, Plancki temperatuur, Plancki tihedus, Plancki mass, Plancki jõud jne).

Plancki pind S

Plancki pikkusest l väiksematel mõõtkavadel ei ole Universumil enam füüsikalist eksistensi. Niimoodi moodustab Plancki pikkus l väikseima võimaliku ruumi mõõtkava, mis hõlmab ühtlaselt kogu Universumi kolmemõõtmelist ruumi. Seda võime ettekujutada „Plancki pinnana S“: mida väiksemasse ruumi mõõtkavasse jõuda, seda lähemale jõuame Plancki pinnani S. Kuna pind on kahemõõtmeline (Plancki pikkusel l on kaks mõõdet), kuid ruum on kolmemõõtmeline, siis seega on Plancki pind eelkõige füüsikaline mudel paremaks ettekujutamiseks väikseimast ruumi-mõõtkavast, millest edasi ei ole Universumil enam füüsikalist eksistensi. Seetõttu saabki väita, et Plancki pind S on meie igapäevaselt tajutava aegruumi piir, mille ületamise korral jõutakse väljapoole aegruumi.

Aegruumi auk Schwarzschildi raadiusega R

Relatiivsusteoorias tuntud Schwarzschildi raadius R:

$$R = \frac{2GM}{c^2}$$

näitab musta augu suurust meie tajutavas aegruumis. Schwarzscildi raadius R moodustab Schwarzschildi pinna S, mille „peal“ on aegruum kõverdunud lõpmatuseni. Selle „sees“ ei eksisteeri enam aega ega ruumi. Seetõttu saab seda tõlgendada „aegruumi auguna“, mille läbimine võimaldaks liikuda hyperruumi ehk väljapoole aegruumi. Seega on mustad augud nö. „väravad“ (mitte tähetäravad), mille läbimise korral satutakse hyperruumi dimensioonidesse. Selline tõlgendus on kooskõlas hyperruumi ja tavaruumi füüsikalise süsteemiga.

Musta augu Schwarzschildi pinnal S on üldrelatiivsusteooria järgi aegruum kõverdunud

lõpmatuseni, mis tähendab füüsikaliselt seda, et aja ja ruumi eksisteerimine on lakanud. Kuid sellegipoolest on sellel kujuteldaval pinnal aegruumis mõõtmed. Näiteks võib must auk olla koguni Maa suurune. Seetõttu saabki väita, et Schwarzschildi pind S on meie igapäevaselt tajutava aegruumi piir (aja ja ruumi serv), mille ületamise korral jõutakse väljapoole aegruumi.

Schwarzschildi pind ja Plancki pind

Schwarzschildi raadius R:

$$R = \frac{2GM}{c^2}$$

on väga oluline valem, kuna see moodustab aegruumis Schwarzschildi pinna S. Selline võrrand on tuntud eelkõige Schwarzschildi meetrikast:

$$ds^2 = \left(1 - \frac{R}{r}\right)c^2dt^2 - \frac{1}{\left(1 - \frac{R}{r}\right)}dr^2 - r^2(d\theta^2 + sin^2\theta d\varphi^2)$$

mille korral näitab Schwarzschildi raadius R (geomeetrilise) kerakujulise pinna raadiust, mille pinnal on aeg ja ruum „kõverdunud“ lõpmatuseni ehk aja ja ruumi eksisteerimised on lakanud olemast. See väljendub gravitatsioonilises aja dilatatsioonis:

$$ds^2 = \left(1 - \frac{R}{r}\right)c^2dt^2$$

ehk

$$t` = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{R}{r}}} = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{R}{R}}} = \infty$$

ja gravitatsioonilises ruumi kontraktsioonis:

$$ds^2 = \frac{1}{\left(1 - \frac{R}{r}\right)}dr^2$$

ehk

$$l = l_0\sqrt{1 - \frac{R}{r}} = l_0\sqrt{1 - \frac{R}{R}} = 0$$

Schwarzschildi pind S eksisteerib iga musta augu tsentris ja võib väita, et isegi iga gravitatsioonivälja tsentris.

Schwarzschildi meetrikast:

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2GM}{c^2r}\right)c^2dt^2 - \frac{1}{\left(1 - \frac{2GM}{c^2r}\right)}dr^2 - r^2(d\theta^2 + sin^2\theta d\varphi^2)$$

on näha, et kui gravitatsioonipotentsiaal U võrdub:

$$\frac{GM}{r} = U = \frac{c^2}{2}$$

siis aegruumi kõverus võrdub lõpmatusega ehk aeg ja ruum on lakanud eksisteerimast. Kui viimasena esitatud gravitatsioonipotentsiaali U avaldises esitada mass M energiana E:

$$M = \frac{E}{c^2}$$

ja energia E omakorda kvandienergia võrrandist tuntud avaldisena:

$$E = hf = \frac{h}{t}$$

siis saame otsekohe Plancki pikkuse l valemi:

$$l = \sqrt{\frac{Gh}{c^3}}$$

Selline analüüs näitab üsna selgelt, et Plancki pikkuse l skaalal lakkavad aeg ja ruum eksisteerimast. Seda näitab Plancki pikkuse seos üldrelatiivsusteooriaga.

Eespool me tõdesime, et Plancki pikkus l moodustab väikseima võimaliku ruumi mõõtkava, mis hõlmab ühtlaselt kogu Universumi kolmemõõtmelist ruumi. Seda saab ettekujutada „Plancki pinnana S“: mida väiksemasse ruumi mõõtkavasse jõuda, seda lähemale jõuame Plancki pinnani S. Plancki pind S on füüsikaline mudel väikseimast ruumimõõtkavast, millest edasi ei ole Universumil enam füüsikalist eksistensi. Plancki pikkuse l valemi seos Schwarzschildi meetrikaga näitabki, et Plancki pikkuse l skaalal lakkavad aeg ja ruum eksisteerimast. Seetõttu saabki väita, et Plancki pind S on meie igapäevaselt tajutava aegruumi piir, mille ületamise korral jõutakse väljapoole aegruumi.

Plancki pinnal S ja musta augu Schwarzschildi pinnal S on üldrelatiivsusteooria järgi aegruum kõverdunud lõpmatuseni ehk aja ja ruumi eksisteerimine on lakanud. Seetõttu saab väita ka nii, et Schwarzschildi pind S ja Plancki pind S on füüsikaliselt samaväärsed ehkki geomeetriliselt väga erinevad.

2.2.18.8Jäävuseseadused

Hyperruumi K` ja tavaruumi K füüsikalise süsteemi järgi eksisteerib tavaruumis K aeg ja ruum. Kuna aeg ja ruum on „näiliselt“ olemas ehk need eksisteerivad illusionaarselt, siis peaksid kehtima selles ka tuntud jäävuseseadused. Erinevad jäävuseseadused tulenevad just aja ja ruumi erinevatest omadustest, mis omakorda aga eeldavad aja ja ruumi (vähemalt „näilist“) olemasolu. Väljaspool aegruumi ehk hyperruumis ei eksisteeri enam aega ega ruumi. Järgnevalt vaatamegi põhjalikumalt seda, et kuidas erinevad jäävuseseadused on tuletatavad aja ja ruumi erinevatest omadustest.

Oletame seda, et meil on mingisugune füüsikaline süsteem, mis koosneb n-arvust kehast. Kehade füüsikalised suurused ajahetkel t on kohavektorid

$$\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_n$$

seisumassid

$$m_{10}, m_{20}, \dots, m_{n0}$$

kiirused

$$\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots, \vec{v}_n$$

impulsid

$$\vec{p}_1, \vec{p}_2, \dots, \vec{p}_n$$

ja impulsimomendid

$$\vec{L}_1, \vec{L}_2, \dots, \vec{L}_n$$

Järgnevalt vaatleme süsteemi mõnel teisel ajahetkel, mõnest teisest ruumipunktist ja mõnest teisest suunast, kuid kõik muu jätame samasuguseks. Kõiki neid „asju“ käsitleme siin edaspidi skalaarsel kujul.

Kui aga antud süsteemiga midagi siiski juhtuks, siis kehade füüsikalised olekud (s.t. suurused) muutuvad. Kuid selleks tehti tööd ja see töö summeerub iga süsteemi kuuluva keha tööga A. Kui süsteemiga peaks midagi juhtuma, siis avaldubki see matemaatiliselt järgmiselt:

$$dA = dA_1 + dA_2 + \cdots + dA_n = F_1 ds_1 + F_2 ds_2 + \cdots + F_n ds_n$$

Kui aga süsteemiga ei juhtu mitte midagi, siis seda näitab järgmine avaldis:

$$dA = F_1 ds_1 + F_2 ds_2 + \cdots + F_n ds_n = 0$$

Nüüd järgnevalt vaatleme samasugust süsteemi mõnel teisel ajahetkel:

$$t' = t + dt.$$

kuid kõik muu jätame samasuguseks. Kuna kõik ajahetked on samaväärsed, siis antud süsteemiga ei juhtu mitte midagi. Arvestades võrdust dA = 0, jõu definitsiooni füüsikast ja liitfunktsiooni tuletuste reegleid matemaatikast, siis saame matemaatiliselt järgmiselt:

$$0 = \frac{m_{10}}{\left(1 - \frac{{v_1}^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}}} \frac{dv_1}{dt} ds_1 + \frac{m_{20}}{\left(1 - \frac{{v_2}^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}}} \frac{dv_2}{dt} ds_2 + \cdots + \frac{m_{n0}}{\left(1 - \frac{{v_n}^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}}} \frac{dv_n}{dt} ds_n =$$

$$= \frac{m_{10}}{\left(1 - \frac{{v_1}^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}}} \frac{ds_1}{dt} dv_1 + \frac{m_{20}}{\left(1 - \frac{{v_2}^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}}} \frac{ds_2}{dt} dv_2 + \cdots + \frac{m_{n0}}{\left(1 - \frac{{v_n}^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}}} \frac{ds_n}{dt} dv_n =$$

$$= \frac{m_{10} v_1 dv_1}{\left(1 - \frac{{v_1}^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}}} + \frac{m_{20} v_2 dv_2}{\left(1 - \frac{{v_2}^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}}} + \cdots + \frac{m_{n0} v_n dv_n}{\left(1 - \frac{{v_n}^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}}} =$$

$$= d\left[\frac{m_{10} c^2}{\sqrt{1 - \frac{{v_1}^2}{c^2}}}\right] + d\left[\frac{m_{20} c^2}{\sqrt{1 - \frac{{v_2}^2}{c^2}}}\right] + \cdots + d\left[\frac{m_{n0} c^2}{\sqrt{1 - \frac{{v_n}^2}{c^2}}}\right] =$$

$$= dA_1 + dA_2 + \cdots + dA_n = d(A_1 + A_2 + \cdots + A_n) = dA$$

Eelnevast on näha seda, et dA = 0 ehk dE = 0, mis aga tähendab energia jäävuse seadust:

$$\int dE = E = const.$$

See tähendab seda, et energia jäävuse seadus tuleneb ajahetkede samaväärsusest.

Kuid järgnevalt vaatleme füüsikalist süsteemi mõnest teisest ruumipunktist, kuid kõik muu jääb samaks. Tähistame ds-iga kaugust esialgse vaatluspunkti ja selle teise ruumipunkti vahel. Süsteemi kuuluvad kehad peaksid nihkuma just selle ds-i võrra:

$$ds_1 = ds_2 = \cdots = ds_n = ds.$$

Kuna süsteemi vaatlemisel erinevatest vaatluspunktidest ei juhtu süsteemi endaga mitte midagi, siis seega saame:

$$0 = F_1 ds_1 + F_2 ds_2 + \cdots + F_n ds_n = F_1 ds + F_2 ds + \cdots + F_n ds =$$

$$= ds(F_1 + F_2 + \cdots + F_n) = 0,$$

millest omakorda järeldub

$$F_1 + F_2 + \cdots + F_n = 0$$

ehk

$$\frac{dp_1}{dt} + \frac{dp_2}{dt} + \cdots + \frac{dp_n}{dt} = 0$$

Viimases viime dt murru ühisele nimetajale

$$\frac{dp_1 + dp_2 + \cdots + dp_n}{dt} = 0$$

ja saame lõpuks järgmise avaldise

$$dp_1 + dp_2 + \cdots + dp_n = d(p_1 + p_2 + \cdots + p_n) = dp = 0.$$

Saadud seos näitab juba impulsi jäävuse seadust, kuna see rahuldab ainult sellist seost:

$$\int dp = p = const.$$

See tähendab seda, et impulsi jäävuse seadus tuleneb ruumipunktide samaväärsusest.

Kuid nüüd vaatleme füüsikalist süsteemi mõnest teisest suunast, mille korral jääb kõik muu jälle samasuguseks. Teeme nii, et dα näitab kaugust esialgse ja uue vaatenurga vahel. Ringjoone kaare pikkuse ja kesknurga vahel kehtib järgmine seos

$$ds_i = r_i d\alpha.$$

Kuid süsteemiga ei juhtu mitte midagi, kui me näeme seda erinevatest vaatenurkadest. Seega dA = 0 põhjal saame matemaatiliselt järgmiselt

$$0 = F_1 ds_1 + F_2 ds_2 + \cdots + F_n ds_n = F_1 r_1 d\alpha + F_2 r_2 d\alpha + \cdots + F_n r_n d\alpha =$$

$$= \frac{dp_1}{dt} r_1 d\alpha + \frac{dp_2}{dt} r_2 d\alpha + \cdots + \frac{dp_n}{dt} r_n d\alpha =$$

$$= dp_1 r_1 \frac{d\alpha}{dt} + dp_2 r_2 \frac{d\alpha}{dt} + \cdots + dp_n r_n \frac{d\alpha}{dt} =$$

$$= dp_1 r_1 d\omega + dp_2 r_2 d\omega + \cdots + dp_n r_n d\omega = dL_1 d\omega + dL_2 d\omega + \cdots + dL_n d\omega =$$

$$= (dL_1 + dL_2 + \cdots + dL_n) d\omega,$$

Selles olevad impulsimomendid liituvad

$$dL_1 + dL_2 + \cdots + dL_n = 0$$

ehk

$$d(L_1 + L_2 + \cdots + L_n) = dL = 0.$$

Saadud seos näitab meile juba impulsimomendi jäävuse seadust

$$\int dL = L = const.$$

mis tähendab seda, et impulsimomendi jäävuse seadus tuleneb ruumisuundade samaväärsusest. Kuid elektrilaengute jäävuse seadus tuleneb mitmesugustest sümmeetriaomadustest.

2.2.18.9 Newtoni II seadus ja relatiivsusteooria

Newtoni II seadus avaldub füüsikas kõige üldisemal kujul diferentsiaalvõrrandina:

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

See on liikumishulga ehk impulsi muutumise seadus. Klassikalises mehaanikas on impulsi p ja kiiruse v vaheline seos lineaarne, kuid erirelatiivsusteoorias enam mitte. Relatiivsusteoorias kehtib „relatiivsusprintsiip“, mis ütleb seda, et jõud F peab olema invariantne ehk ühesugune kõigis inertsiaalsüsteemides. Seetõttu võime impulsi p kirjutada kujul:

$$\vec{p} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m\vec{v}}{\sqrt{1 - \beta^2}} = my\vec{v}$$

milles $\vec{\beta} = \frac{\vec{v}}{c}$ ja $y = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$. Kiirendus a avaldub kiiruse v ja aja t jagatisena:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Eelnevast tulenevalt võime Newtoni II seaduse kirjutada relativistlikule kujule:

$$my\vec{a} + my^3(\vec{\beta}\vec{a})\vec{\beta} = \vec{F}$$

milles tähistab $(\vec{\beta}\vec{a})$ vektorite $\vec{\beta}$ ja $\vec{a}$ skalaarkorrutist. Siinkohal tuleb märkida, et väikeste kiiruste korral $\vec{\beta} \to 0$ ja $y \to 1$, saame Newtoni II seaduse relativistlikust valemist klassikalise valemi:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Selline tulemus näitab veenvalt seda, et väikeste kiiruste korral võrreldes valguse kiirusega vaakumis osutub klassikaline mehaanika relativistliku mehaanika erijuhuks. Suurtel kiirustel ei ole

jõud ja kiirendus enam võrdelised. Kui kiiruse- ja jõuvektor on „samasuunalised“, siis võib Newtoni II seaduse relativistliku valemi kirjutada kujul:

$$mya(1 + y^2\beta^2) = F$$

Viimasest on näha seda, et suurtel kiirustel hakkab kiirendus a sõltuma peale jõu F ka keha kiirusest v. Selle tagajärjeks on see, et sama kiirenduse andmiseks suurtel kiirustel tuleb rakendada palju suuremat jõudu kui väikestel. See tähendab, et kiirendust andev jõud hakkab valguse kiirusele lähenedes piiramatult suurenema. Sellest tulenevalt ei saa ükski (seisumassiga) keha saavutada valguse kiirust.

Mitte ükski keha ei saa saavutada valguse kiirust c, kuid väljad ise tekivad ja muutuvad täpselt valguse kiirusega c. Näiteks välja tekkimine ümbritsevas ruumis nõuab teatavat aega. See tähendab seda, et välja allika (näiteks elektrilaengu) muutumisel muutub ka väli teatud kaugusel laengust ja see võtab aega. Välja muutused kanduvad üle kogu ümbritsevasse ruumi valguse kiirusega c, mis tähendab seda, et välja muutumise ruumilise ülekande kiirus on võrdne valguse kiirusega c. Väli ja ka välja muutus levib ruumis valguse kiirusega c. Sellest järeldub, et elektrivälja impulsi levikiirus ühtib valguse kiirusega c.

2.2.18.10 Universumi paisumine ja tume energia

Ajas rändamise füüsikateooria üheks põhialuseks on väide, et erinevatel ajahetkedel on samas ka erinevad ruumipunktid ehk ajas rändamiseks peab inimene liikuma ruumidimensioonis. See tähendab ka seda, et mida kaugemal ajas (näiteks minevikus või tulevikus) mingisugune sündmus aset leiab, seda kaugemal see ka ruumis toimub. Selline seaduspärasus avaldub looduses Universumi paisumisena. Näiteks kui Universum paisub (s.t. Universumi ruumala suureneb ajas), siis erinevatel ajahetkedel on Universumi ruumala (ja seega kõikide kehade ruumikoordinaadid Universumis) erinev. See on ilmselgelt seotud ajas rändamise teooria ühe alusväitega, mis ütleb, et erinevatel ajahetkedel on samas ka erinevad ruumipunktid.

> Tavaruumi K ja hyperruumi K´ füüsikaline süsteem avaldub looduses Universumi kosmoloogilise paisumisena.

Universumi kosmoloogilist paisumist kujutatakse sageli ette just kera või õhupalli paisumisena ja sellisel juhul on väga selgesti näha seda, et kera pinnal oleva keha sfäärilised koordinaadid (ehk ruumipunktid) on erinevatel ajahetkedel erinevad. Sama on ka kera raadiuse pikkusega. Mida enam Universum paisub (ehk mida suurem on see Universumi kujuteldav raadius r), seda enam suureneb kahe punkti vaheline kaugus ruumis (ehk ds suureneb).

Universumi paisumine avaldub galaktiliste süsteemide üksteisest eemaldumisena. Seetõttu näeb vaatleja mistahes asukohas Universumis galaktikate punanihet, mille järgi füüsikaliselt tõlgendataksegi Universumi kosmoloogilise paisumisena. Näiteks kaugete galaktikate spektrijoonte lainepikkus λ on lähedastega võrreldes pisut suurem. See punanihe ehk lainepikkuste vahe on võrdeline galaktikate kaugusega. Punanihkest z

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$$

on võimalik välja arvutada galaktikate eemaldumiskiiruse v ja ka nende kauguse s:

$$v = cz = c\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$$

ja

$$s = \frac{v}{H_0} = \frac{c}{H_0}\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$$

milles H_0 on Hubble konstant. Universumi kosmoloogiline paisumine „töötab vastu“ masside poolt tekitatud aegruumi kõverdustele. Selle füüsikaliseks väljundiks ongi masside üksteisest eemaldumine ehk seega „tõukumine“. Seetõttu mõjubki mistahes asukohas olevale vaatlejale Universumis inertsiaalne jõud F_{in}:

$$F_{in} = ml\dot{H} = ml\left(\frac{\ddot{a}}{a} - H^2\right)$$

milles

$$\frac{\ddot{a}}{a} = -\frac{H^2}{2}$$

l on vaatleja kaugus mingist struktuurist (mille mass on m) ja H on Hubble´ konstant. Alguse saab see väga suures ruumimastaabis, sest siis on gravitatsioon väga nõrk ehk aegruumi kõverdus väga väike. Eespool välja toodud inertsiaalne jõud F_{in} on tingitud Universumi kosmoloogilisest paisumisest. Seda kirjeldav valem tuletatakse kosmoloogias lühidalt järgnevalt. Näiteks tuntud Hubble`i seadus väljendub teatavasti järgmiselt:

$$v = HR$$

ehk

$$v = Hl$$

milles $l = R$. Kui me korrutame viimases võrrandis mõlemad pooled massiga m, siis saame impulsi p definitsiooniks:

$$mv = p = mlH$$

Järgnevalt jagame saadud võrrandi mõlemad pooled ajaga t, tulemuseks saamegi inertsiaalse jõu F_{in}, mis on tingitud Universumi paisumisest:

$$\frac{p}{t} = \frac{mv}{t} = m\frac{v}{t} = ma = F_{in} = \frac{mlH}{t} = ml\frac{H}{t}$$

Kosmoloogias tõestatakse seos, mis kirjeldab Hubble`i konstandi H sõltuvust ajast:

$$\frac{H}{t} = \dot{H} = \frac{\ddot{a}}{a} - H^2$$

ja seetõttu saame inertsiaalse jõu valemi kujuks:

$$F_{in} = ml\dot{H}$$

ehk

$$F_{in} = ml\left(\frac{\ddot{a}}{a} - H^2\right)$$

Kosmoloogias tõestatakse ära ka järgmine seos:

$$\frac{\ddot{a}}{a} = -\frac{H^2}{2}$$

ja seetõttu saame inertsiaalse jõu F_{in} valemi välja kirjutada ka järgmiselt:

$$F_{in} = ml\left(-\frac{H^2}{2} - H^2\right)$$

Viimases võrrandis on H Universumi paisumiskiirus, m keha või galaktika mass ja l kehade või galaktikate vaheline kaugus.

Universumi (meetriline) paisumine avaldubki kahe punkti vahelise kauguse suurenemisel ruumis. Kuid arvestama peab seda, et ds-i suurenemine ilmneb alles väga suures ruumi mastaabis – näiteks galaktikate parvede ja superparvede tasandil.

Universumi paisumine avaldub ainult väga suures ruumimastaabis – näiteks galaktikate parvede ja superparvede mõõtkavas. See tähendab, et mida suurem on kahe ruumipunkti vaheline kaugus (ehk mida kaugemal on üksteisest galaktikate parved), seda kiiremini need üksteisest eemalduvad. Universumi ruumipunktide vahelised eemaldumiskiirused lähenevad nullile väga väikeses ruumimastaabis (näiteks planeetide ja tähtede mõõtkavas), kuid väga väga suures ruumimastaabis (näiteks isegi suuremas ruumimõõtkavas kui galaktikate superparved) lähenevad need aga juba valguse kiirusele vaakumis.

> Näiteks kui kahe ruumipunkti vaheline kaugus on 1 Mpc ehk 3,2 miljonit valgusaastat, siis nende eemaldumiskiirus on umbes 50...80 km/s. Kui aga nende vahekaugus on üks meeter, siis nende eemaldumiskiirus on $2 * 10^{-18}$ m/s, sest Hubble konstandi väärtus 50...80 (km/s)Mpc korral on SI-süsteemis $2 * 10^{-18}$ m/s ühe meetri kohta. See on umbes nagu planeedi Maa suurenemine ühe mikromeetri võrra aastas.
>
> Universumi paisumine avaldub väga suures ruumimastaabis: galaktikate parvede ja superparvede vahelises ruumis. Mida kaugemal on üksteisest galaktikad, seda kiiremini need üksteisest eemalduvad. Kuid tegelikult esineb Universumi paisumine ehk kahe ruumipunkti vahelise teepikkuse suurenemine ajas ka inimese ruumi mõõtkavas. Näiteks kaks inimest eemalduvad ruumis üksteisest ja mida kaugemal nad üksteisest on, seda kiiremini nad üksteisest eemalduvad. See efekt on aga äärmiselt väike, kuid matemaatiliselt siiski välja arvutatav. Seda tajuda pole võimalik, kuna see efekt on äärmiselt väike. Näiteks kaks lähedal olevat inimest tõmbavad üksteist gravitatsioonijõuga, kuid see efekt on samuti äärmiselt väike. Sellegipoolest on see matemaatiliselt välja arvutatav.
>
> Universumi paisumise korral eemalduvad üksteisest galaktikate parved ja superparved. Siinkohal näib, et me ei saa kasutada mõistet nagu „ruumipunkt“, kuna galaktikaid ja nende parvesid ei saa käsitleda „punktidena“. Tegelikult saab küll. Universumi paisumist saab käsitleda kahe ruumipunkti vahelise kauguse suurenemisena ajas, kuid seda alates, mil kahe ruumipunkti vaheline kaugus ulatub galaktikate parvede vaheliste suurusteni. Kusjuures õigem oleks käsitleda ruumipunktide vahelisi kaugusi, mitte ainult kahe ruumipunkti vahelist kaugust. Selliseid arusaamasid rakendatakse uutes mudelites, mis kirjeldavad Universumi kosmoloogilist paisumist.

Näiteks Universumi paisumiskiirus on praegusel ajal mõõdetud: $74\frac{km}{s} * (Mpc)$, mis avaldub SI süsteemis ehk SI ühikutes järgmiselt:

$$H = \frac{x}{y} = \frac{74\,000\left(\frac{m}{s}\right)}{3{,}086 * 10^{22}(m)} = 2{,}3(979) * 10^{-18}\frac{m}{s}\ \text{ühe meetri kohta}$$

Selline on Universumi paisumiskiirus „ühe meetri kohta“, milles on galaktikate eemaldumiskiirus

$$x = 74\,\frac{km}{s} = 74\,000\,\frac{m}{s}$$

vahemaa galaktikate vahelises ruumis

$$y = 1\ Mpc = 3{,}086 * 10^{16}\ m * miljon = 3{,}086 * 10^{22}\ m$$

ja valguse kiiruse arvväärtus vaakumi korral

$$c = 300\,000\,\frac{km}{s} = 3 * 10^{8}\,\frac{m}{s}$$

Selle järgi saame Universumi paisumiskiiruse „ühe Plancki pikkuse kohta“ järgmiselt:

$$H = 2{,}3(979) * 10^{-18}\,\frac{m}{s}\ (\text{üh}e\ meetri\ kohta) * 1{,}616\,229(38) * 10^{-35}\ m =$$
$$= 3{,}875556 * 10^{-53}\,\frac{m}{s}\ \text{üh}e\ Plancki\ pikkuse\ kohta$$

milles avaldubki Plancki pikkus l:

$$l = 1{,}616\,229(38) * 10^{-35}\ m$$

See tähendab füüsikaliselt seda, et praeguse Universumi vanuse t korral:

$$t = 13{,}7 * 10^{9}\ a$$

on Universumi paisumiskiirus H ühe Plancki pikkuse l kohta järgmine:

$$H = 3{,}875556 * 10^{-53}\,\frac{m}{s}\ \text{üh}e\ Plancki\ pikkuse\ kohta$$

Tulemus ei ole tegelikult füüsikaliselt reaalne, kuna väikseim pikkus ruumis saab olla ainult Plancki pikkus:

$$l = 1{,}616\,229(38) * 10^{-35}\ m$$

mis on palju kordi suurem eespool tuletatud vahemaast s:

$$s = 3{,}875556 * 10^{-53}\ m$$

Kuna Universumi paisumiskiirus H ühe Plancki pikkuse l kohta oli arvutatav valemist:

$$H = 2{,}3(979) * 10^{-18}\,\frac{m}{s}\ (\text{üh}e\ meetri\ kohta) * 1{,}616\,229(38) * 10^{-35}\ m =$$
$$= 3{,}875556 * 10^{-53}\,\frac{m}{s}\ \text{üh}e\ Plancki\ pikkuse\ kohta$$

siis selle järgi võrdub Plancki pikkus l järgmiselt:

$$l = \frac{H}{v} = \frac{3{,}875556 * 10^{-53}\,\frac{m}{s}\ \text{üh}e\ Plancki\ pikkuse\ kohta}{2{,}3(979) * 10^{-18}\,\frac{m}{s}\ (\text{üh}e\ meetri\ kohta)} = 1{,}616\,229(38) * 10^{-35}\ m$$

Viimasest saame omakorda ajaperioodi t (sekundites):

$$t = \frac{1}{2{,}3(979) * 10^{-18} \frac{m}{s}\ (\text{ühe meetri kohta})} = 4{,}17031 * 10^{17}\ s$$

mis tähendab seda, et kui Universumi paisumiskiirus H on ühe Plancki pikkuse l kohta:

$$H = 3{,}875556 * 10^{-53} \frac{m}{s}\ \text{ühe Plancki pikkuse kohta}$$

siis reaalne füüsikaline sisu seisnebki selles, et Plancki pikkusele l vastav vahemaa ruumis:

$$l = 1{,}616\,229(38) * 10^{-35}\ m$$

„kahekordistub“ ajaperioodi t jooksul:

$$t = 4{,}17031 * 10^{17}\ s$$

Saadud ajaperiood t:

$$t = \frac{4{,}17031 * 10^{17}\ s}{31536000\ s} = 13{,}223 * 10^{9}\ a$$

kattub „peaaegu“ praeguse Universumi vanusega t:

$$t = 13{,}7 * 10^{9}\ a$$

Kuid sellise paisumiskiiruseni jõudmine võttis Universumil aega umbes 13,7 miljardit aastat:

$$t \to 0 \ldots 13{,}7 * 10^{9}\ a$$

Väga väga suures ruumimastaabis (näiteks isegi suuremas ruumimõõtkavas kui galaktikate superparved) läheneb Universumi paisumiskiirus v valguse kiirusele vaakumis. Kui valemis $v_r = cz$ on z > 1, siis galaktikate eemaldumiskiirus v_r üksteisest on suurem valguse kiirusest vaakumis. Sellisel juhul kasutatakse relatiivsusteooriat, et leida lainepikkuse muutust ehk spektrijoone nihet valguse kiirusele lähedaste suhteliste kiiruste korral. Näiteks laine sagedus väheneb ehk lainepikkus suureneb, kui valgusallikas meist ehk vaatlejast eemaldub:

$$\frac{v}{c} = \frac{(z+1)^2 - 1}{(z+1)^2 + 1}$$

ja

$$z = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} - 1$$

Selles sõltub punanihe z eemaldumiskiirusest v relativistlikul kujul ehk $z = \frac{\triangle\lambda}{\lambda} > 1$ korral, mis on ajas rändamise füüsikateooria kosmoloogia osas pikemalt tuletatud ja analüüsitud.

Siinkohal peab märkima seda, et kui Universumi paisumiskiirus v Hubble’i seaduses:

$$v = HR$$

võrdub täpselt valguse kiirusega c:

$$c = HR$$

siis seega peab Universumi ruumala olema lõpmata suur, kuna ainult lõpmatuses

saab Universumi paisumiskiirus v võrduda täpselt valguse kiirusega c. Lõpmatu Universumi ruumala korral on näiteks galaktikaid lõpmata palju.

Relatiivsusteooriast järeldub, et tavaruum K liigub hyperruumi K´ suhtes konstantselt valguse kiirusega c. Kuna tavaruumi ja hyperruumi omavaheline süsteem avaldub reaalsuses Universumi kosmoloogilise paisumisena, siis seega peaks Universum paisuma konstantselt valguse kiirusega. Kuid tegelikkuses paisub Universum sellise kiirusega, mida näitab meile Hubble konstant H. Niimoodi jääbki ekslik mulje, et Universum ei paisu valguse kiirusega. Kuid tegelikult see nii ei ole.

Universum ei paisu ruumis ega ajas, vaid ruum ja aeg „tekivad“ pidevalt (alates Universumi paisumise alghetkest). See tähendab seda, et Universumi paisumine on oma olemuselt meetriline, mida me mõistame relatiivsusteoorias kirjeldatud aja ja ruumi teisenemistena. Vastavalt aja ja ruumi lahutamatuse printsiibile kaasneb ruumi teisenemisega ka aja teisenemine. Sellest järeldub, et Universumi aeg (ehk eluiga ja koos sellega ka Universumi paisumiskiirus) ei ole absoluutne, vaid on suhteline ehk relatiivne. Näiteks Universumis olevale vaatlejale tundub aeg Universumis „voolavat“ normaalset jada pidi, kuid Universumist väljaspool olevale vaatlejale tundub aeg Universumis kulgevat palju kiiremini, mille kulg aegleneb. Siit järeldubki selline tõsiasi, et Universum paisub tegelikult konstantselt valguse kiirusega c, kuid Universumis olev reaalne vaatleja seda otseselt tajuda ei saa, sest Universumi paisumisega (s.t. valguse kiirusega) kaasneb aja teisenemine Universumis.

Näiteks mida suurem on Universum, seda lühemad on aja vahemikud. Nii on see olnud Universumi paisumise alghetkest alates. Piltlikult öeldes elame me kõik aegluubis (mille kulg kiireneb) ja seetõttu me näemegi valguse kiirusest palju aeglasemat Universumi paisumist. Kuid tegelikult paisub Universum konstantselt valguse kiirusega c.

See tähendab nüüd seda, et Universum paisub tegelikult valguse kiirusega c, kuid me tajume seda kiirust palju väiksemana, kuna aeg on üle kogu Universumi teisenenud ehk aeglenenud y-korda:

$$H = \frac{c}{y}$$

Universumi sees olevale reaalsele vaatlejale kulgevad sündmused ja protsessid kogu meie Universumis normaalset jada pidi ja Universumi paisumiskiirus on palju kordi aeglasem valguse kiirusest vaakumis, mille kulg „ajas“ kiireneb (Universumi paisumise kiirus on 73,2 km/s Mpc ehk 3,26 miljoni valgusaasta kohta). Siinkohal jätame arvestamata aja ja ruumi teisenemised spetsiifilistes taustsüsteemides (mida kirjeldavad vastavalt eri- ja üldrelatiivsusteooria võrrandid), milles reaalne vaatleja võib ise eksisteerida või eemalt vaadelda. Selle asemel keskendume Universumile kui tervikule, milles kulgevad peaaegu lõutu hulk erinevaid sündmusi ja protsesse. Kuid Universumist väljapool olevale „hüpoteetilisele“ vaatlejale tundub, et Universumis toimuvad sündmused ja protsessid kulgevad tegelikult palju kordi kiiremini (niisamuti ka Universumi paisumine) nii nagu oleks film pandud edasikerimisnupu peale, kuid samas selle kulg aegleneb. See tähendab nüüd seda, et Universumi sees olev reaalne vaatleja eksisteerib tegelikult ajas, mille kulg on tegelikkusest palju kordi aeglasem ehk kogu Universumis toimub eksisteerimine aegluubis. Sellist asjaolu reedab meile kui Universumi sees eksisteerivatele reaalsetele vaatlejatele Universumi paisumiskiirus, mis on palju kordi aeglasem valguse kiirusest vaakumis ja mis „ajas“ kiireneb.

Kõike eelnevat on võimalik piltlikult väljendada palju lihtsamalt. Näiteks meile võib tunduda, et Universum on 13,7 miljardit aastat vana, kuid tegelikult võib selle vanuseks olla kõigest üks sekund. See tähendab seda, et kogu meie Universumi eksisteerimise ajaperiood (milleks on praegu 13,7 miljardit aastat) on tegelikult „välja veninud“ ühe sekundi pikkusest aja perioodist, mis oleks Universumi tegelikuks vanuseks praegusel ajahetkel.

Oluline on märkida seda, et kui vaatleja eksisteerib süsteemis, milles esineb aja teisenemine, siis ei ole see vaatlejale otseselt tajutav. Aja teisenemist on otseselt tajutav ainult siis, kui vaatleja asub sellest süsteemist väljapool ja vaatleb kõrvalt seda süsteemi, milles esineb aja teisenemine. Selles

mõttes jääb vaatleja „omaaeg“ alati ühesuguseks sõltumata sellest, milline on parajasti aja teisenemine. Vaatleja omaaeg on tegelikult illusioon, mis ei pruugi näidata süsteemis olevale vaatlejale tegelikku aja kulgemist.

Y suurus näitab seda, et mitu korda on aeg aeglenenud Universumi sees olevale reaalsele vaatlejale või mitu korda on aeg kiirenenud Universumist väljapool olevale hüpoteetilisele vaatlejale. Universumi kosmoloogiline evolutsioon näitab, et mida kaugemale ajas tagasi vaadata, seda suurem oli y väärtus ja mida aeg edasi, seda väiksem on y väärtus. Y väärtus muutub ajas väiksemaks, mille tulemusena Universumi paisumiskiirus Universumi sees olevale reaalsele vaatlejale suureneb. Universumi paisumise algmomendi juures oli y väärtus lõpmata suur, kuid väga väga kauges tulevikus läheneb y väärtus ühele.

2.2.18.10.1 Universumi paisumise mudel

Universumi kosmoloogilise paisumise füüsikaliseks mudeliks on enamasti kera (näiteks õhupalli) paisumine ruumis. Kuid tegelikult on Universumi paisumine ja kera paisumine füüsikalises mõttes üksteisest täiesti erinevad nähtused. Nende kahe vahel esinevad nii sarnaseid kui ka täiesti erinevaid jooni:

1. Kera paisumisel on olemas tsenter, kuid Universumi paisumisel (tegelikult ka paisuva kera pinnal) ei eksisteeri tsentrit ega mingisugust eelistatud suunda. Universumi paisumisel puudub paisumiskese. See tähendab seda, et kogu Universumi ruum paisub kõikjal ühe korraga nii nagu paisuva kera pinnal olevad punktid eemalduvad üksteisest korraga kogu pinna ulatuses. Kuna Universumil ei ole tsentrit ega paisumiskeset, siis „piltlikult“ võib öelda nii, et Universumi tsenter asub kõikjal ehk see „täidab“ kogu meie Universumi ruumi, mille tulemusena paisub kogu Universumi ruum kõikjal ühekorraga. Võib ka nii öelda, et Universumi tsentrit võime tegelikult ise ära määrata, mingite oluliste kosmoloogiliste või astrofüüsikaliste mõõtmiste jaoks. Näiteks paljudes tähekaartides asub tsentris meie kodu galaktika, mille järgi tehakse kindlaks paljude teiste galaktikate omavahelised kaugused ja asukohad kosmoses.

   Et Universumi paisumise mudel sobituks „ideaalselt“ tegeliku Universumi paisumisega, teeme mudelis mõned uuendused ja täpsustused. Olgu meil punkt K, mis on küll kera tsentriks, kuid ei ole ruumi (milles kera eksisteerib) ristkoordinaadistiku alguspunktiks. Kui kera tsenter on ruumi ristkoordinaadistiku alguskohaks, siis seega on ka punkt K ruumi ristkoordinaadistiku alguspunktiks. Kuid meil on siiski kera, mis asub ruumis (ehk ruumi ristkoordinaadistikus). Punkt K ei ühti ruumi ristkoordinaadistiku alguspunktiga, sest siis oleks K ruumikoordinaadid nullid. Kera suhtes on punkti K koordinaadid nullid. Kuid ruumi ristkoordinaadistiku suhtes (milles kera eksisteerib) on punkti K koordinaadid aga

   $$K_0(x,y,z).$$

   Punkt K on kera paisumiskese. Ja see tähendab, et kera tsenter ühtib kera paisumiskesega. Oletame, et punkt K „täidab kogu ruumi“. Seega peab neid olema lõpmatult palju. Iga üks neist on oma kera tsenter ja kerasid on sama palju kui punkte. Matemaatiliselt kirjeldab seda järgmine avaldis:

$$K_0 + K_1 + K_2 + K_3 + \cdots + K_n = V = \sum_{i=0}^{n} K_i \ , n = \infty$$

ehk lahti kirjutatuna

$$(x_0, y_0, z_0) + (x_1, y_1, z_1) + (x_2, y_2, z_2) + \cdots + (x_n, y_n, z_n) = V = \sum_{i=0}^{n} K_i \, , \qquad n = \infty.$$

Niimoodi saimegi sellise mudeli, mille korral paisub kogu Universumi ruum ühe korraga. Pole olemas paisumiskeset ega mingisugust eelistatud suunda. Kogu Universumi ruum V koosneks nagu lõpmata paljudest paisumistsentritest:

$$V = \sum_{i=0}^{n} K_i$$

2. Kera paisub juba varem eksisteerivasse ruumi, kuid Universum ei paisu juba varem eksisteerivasse ruumi, sest seda pole olemas. Universum ei paisu ruumis, küll aga kera. Universumi paisumine on täielikult meetriline, mis tähendab seda, et mistahes ruumipunktide omavahelised kaugused ajas suurenevad. Kitsamas tähenduses seisneb see selles, et kahe ruumipunkti vaheline kaugus (ds) suureneb ajas (dt). See protsess on ajas pidev.

3. Kera (või õhupalli) paisumise korral on kera raadiuse suurenemise kiirus ja kera pinnal oleva kahe ruumipunkti vahelise kauguse suurenemise kiirus omavahel võrdsed. Kuid mida kaugemal on üksteisest paisuva kera pinnal olevad punktid, seda suuremad on nende eemaldumiskiirused. Nii on ka Universumi paisumisega – mida kaugemal on üksteisest galaktikate parved, seda kiiremini need üksteisest eemalduvad. Seda kirjeldab meile tuntud Hubble valem: v = HR, milles H on Hubble konstant, mille väärtus on praegu 74 (km/s)/Mpc. See tähendab seda, et kui kahe ruumipunkti vaheline kaugus on 1 Mpc ehk 3,2 miljonit valgusaastat, siis need eemalduvad üksteisest kiirusega 74 km/s. Kui aga nende vahekaugus on 10 Mpc ehk 32 miljonit valgusaastat, siis nende eemaldumiskiirus on juba 740 km/s. Kuid selline rehkendamine ei näita Universumi tegelikku paisumiskiirust ehkki see suureneb lineaarselt siis, kui vaadelda Universumi üha suuremat ruumimõõtkava. Seda on võimalik mõista ka nii, et mida suurem on Universum ajas või mida suuremat ruumimastaapi Universumis vaadelda, seda enam on näha Universumi paisumist ehk seda kiiremini ruumipunktid üksteisest eemalduvad. Kuid tegelikku Universumi paisumiskiirust näitab ainult Hubble konstant H, mis muutub ajas, kuid ruumis ei muutu. Teada on seda, et Universumi paisumiskiirus (ehk Hubble konstant) muutub ajas suuremaks, mis tähendab, et see kiireneb ajas.

Vabalt langedes musta augu gravitatsiooni ehk aegruumi kõveruse tsentri poole suureneb keha liikumiskiirus lineaarselt. Sellisel juhul muutub keha liikumiskiirus aja ühiku kohta, kuid Hubble seaduse järgi muutub galaktikate parve (kui füüsikalise keha) liikumiskiirus ruumi ühiku kohta. Sarnane efekt esineb ka pöörleva jäiga keha korral. Näiteks mida lähemale pöörleva ketta tsentrile, seda suurem on selle joonkiirus. Samas on nurkkiirus kõikjal konstantne, mis määrab ära pöörleva keha pöörlemiskiiruse. Niisamuti ka kesktõmbekiirendus suureneb pöörleva ketta tsentrile lähenedes. Selline klassikalises mehaanikas tuntud efekt avaldub ka reaalse Universumi paisumise korral.

Maa raskuskiirendus g ei muutu, kui liikuda risti Maa raadiusega. Kuid g

muutub liikudes mööda Maa raadiust. Paisuva kera kahemõõtmelise pinna kolmemõõtmeline versioon on meie paisuva Universumi ruumi geomeetria, mida ei ole võimalik ettekujutada. Sellest tulenevalt on Hubble konstant ehk Universumi kahe ruumipunkti vahelise kauguse eemaldumiskiirus ühe ruumi ühiku kohta kõikjal Universumis konstantne (sest näiteks 1 meeter on igal pool Universumis 1 meeter, kui jätta lihtsuse huvides arvestamata ruumi kõveruse masside poolt), kuid kahe ruumipunkti vahelise kauguse suurenemise korral (näiteks 1 meetri asemel on nüüd vahekauguseks 2 meetrit) on nende eemaldumiskiirused juba märgatavalt erinevad. Selles mõttes muutub Hubble´i konstant ka ruumis.

4. Kera paisumise korral liiguvad kera pinnal olevad punktid üksteisest eemale. Need punktid ise ei liigu, vaid need liiguvad kera paisumise tõttu. Nii on ka Universumis eksisteerivate kehadega. Näiteks galaktikate parved ise ei liigu, vaid need liiguvad üksteisest eemale Universumi paisumise tõttu (s.t. Universumi paisumisega kaasa).

5. Kera paisumise korral ei ole kera pinnal olemas äärt, kuid sellegipoolest on kera pinna kogu pindala ehk selle suurus lõpliku väärtusega (s.t. mitte lõpmatult suur). Mistahes kera pinnal olevast punktist liikudes pidevalt otse edasi mööda kera pinda jõuame tagasi täpselt samasse punkti. Universumi paisuva ruumiga nii ei ole. Tume energia olemasolu näitab, et Universumi ruum on väga suures mastaabis tasane ja seega on Universumi ruumala lõpmatult suur. Seetõttu ei ole Universumil äärt (mis tuleneb ka Universumi tsentri puudumisest). Universumi paisuv kolmemõõtmeline ruum ei ole tegelikult paisuva kolmemõõtmelise kera kahemõõtmelise pinna kolmemõõtmeline versioon.

   Kera pinnal ei ole algust ega lõppu (ehk sellel ei ole olemas ääri) ja seetõttu on see selles mõttes lõpmatu ulatusega. Kuid sellest hoolimata on kera pinnal lõplik suurus, mitte lõpmatult suur. Kogu Universumi ruumala suureneb ajas, kuid sellegipoolest saab Universum olla lõpmatult suur. Kera pind on kinnise ruumi näide. Sileda ehk tasase (s.t. lahtise) ruumi näiteks on tasapind, millel liikudes mingis suvalises suunas võime liikuda lõpmatuseni. Selline ruum on lõpmatu. Kera pind on kinnine pind. Paisuva kera pinda tuleb vaadelda kui muutkonda. Keral on olemas positiivne Gaussi kõverus.

6. Kera paisumise (näiteks õhupalli) korral suurenevad ka kera pinnal olevad punktid, mitte ainult nende vahekaugused. Kuid Universumi paisumisega nii ei ole. Universumi paisumise korral suurenevad ainult kehade vahelised kaugused, mitte kehade enda mõõtmed.

7. Kera saab paisumise jooksul ka pöörelda (ümber oma kujuteldava telje) ja/või tiirelda ruumis mingi teise keha ümber. Neid pöörlevaid nähtusi Universumi paisumise korral ei esine, sest Universumil puudub paisumiskese.

8. Kuna Universumil ei ole olemas äärt, siis seega ei ole Universumil ka kuju. Näiteks kera on kerakujuline, kuid kera pinnal ehk sfääril puudub kuju. Universumi visuaalset või geomeetrilist kuju pole võimalik matemaatiliselt välja arvutada.

9. Kera paisumise korral eemalduvad kera pinnal olevad punktid üksteisest seda kiiremini, mida kaugemal need teineteisest on. See ei sõltu vaatleja asukohast kera pinnal ehk mistahes paisuva kera pinnal oleva punkti suhtes eemalduvad kõik punktid kera pinnal üksteisest seda kiiremini, mida kaugemal need üksteisest on. Täpselt nii on ka Universumi paisumise korral. Näiteks mistahes galaktika parves olles näeme me kõikide teiste galaktikate parvede eemaldumist üksteisest (s.t. Universumi paisumist) ehk galaktikate punanihet näeksime ükskõik millises teises galaktikas. See tähendab seda, et galaktikate parvede üksteise

eemaldumise nähtus ei sõltu vaatleja asukohast Universumi ruumis, mistõttu on Universumi paisumine universaalne ehk absoluutne nähtus kõikide kehade suhtes kogu Universumis.

10. Kosmoloogiline printsiip ütleb meile seda, et Universum on homogeenne ja isotroopne, aga seda ainult ruumi mõistes, mitte ajas. Universum on keskmiselt igalpool ühesugune (s.t. ruumis). Isotroopse ja homogeense Universumi idee pärineb Giordano Brunolt (1548 – 1600). Selle vaate järgi peaks suurtes ruumimastaapides paistma Universum samasugusena iga vaatleja jaoks (sõltumata vaatleja asukohast Universumis) ja seda ühel ning samal ajal. Universumi isotroopsus tähendab seda, et sellel puuduvad eelissuunad, kuid homogeensus seisneb Universumi eelispunktide puudumises. Seda on hakatud aja jooksul nimetama kosmoloogiliseks prtinsiibiks. Kõik tänapäeva kosmoloogias tõsiselt võetavad Universumi mudelid peavad olema kooskõlas selle niinimetatud kosmoloogilise printsiibiga.

11. Väikeses Universumi ruumipiirkonnas kehtib erirelatiivsusteooria.

Kera paisumise mudel ja reaalne Universumi paisumine on omavahel võrreldes väga erinevad füüsikalised nähtused, mille vahel analoogia otsimine ja leidmine võib viia sageli eksiteele. Kuid antud juhul on tegemist Universumi paisumise näilise füüsikalise mudeliga, mis tähendab seda, et antud Universumi paisumise mudel (selle ruumiline osa) vastab täpselt 100 % näilisele Universumi paisumise füüsikalisele olemusele. See mudel on oma füüsikaliselt olemuselt absoluutselt näiline.

2.2.18.11 Seisuenergia võrrand

Eespool tuletatud ajas rändamise üldvõrrandist:

$$ct + vt' = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\, t'c$$

teostame järgmised matemaatilised teisendused. Juhul kui ct = 0, saame järgmise võrrandi

$$vt' = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\, t'c\ .$$

Jagame saadud võrrandi mõlemad pooled t´-ga:

$$\frac{vt'}{t'} = \frac{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\, t'c}{t'} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\frac{ct'}{t'}$$

ja sellest tulenevalt saame lõpuks järgmise väga olulise võrrandi:

$$v = c\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Eelnevalt tuletatud võrrandist on võimalik matemaatiliselt tuletada kosmoloogia põhivõrrand ehk Friedmanni võrrand ja ka keha seisuenergia valem $E = mc^2$. Näiteks keha m kineetiline energia E avaldub valemiga:

$$E = \frac{mv^2}{2}.$$

Kui kiirused on väikesed võrreldes valguse kiirusega vaakumis, siis saab kasutada ligikaudseid valemeid:

$$\frac{1}{y} \approx 1 - \frac{1}{2}\beta^2$$

Kinemaatilise teguri y avaldist:

$$y = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

võib esitada ka järgmiselt

$$y = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}},$$

milles β^2 avaldub nõnda:

$$\beta^2 = \frac{v^2}{c^2}.$$

Kõike eelnevat arvestades võibki kinemaatilise teguri y asendada ligikaudse valemiga:

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \sqrt{\left(1 - \frac{1}{2}\frac{v^2}{c^2}\right)^2 - \frac{1}{4}\frac{v^4}{c^4}},$$

sest $\left(\frac{v}{c} \ll 1\right)$. Kuna liige $-\frac{1}{4}\frac{v^4}{c^4}$ on väga väike, siis saame viimase avaldise kirjutada nõnda:

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \approx \sqrt{\left(1 - \frac{1}{2}\frac{v^2}{c^2}\right)^2} \approx 1 - \frac{1}{2}\frac{v^2}{c^2}.$$

Sellest tulenevalt saame y avaldada järgmiselt:

$$y \approx 1 + \frac{v^2}{2c^2}$$

või siis

$$\frac{1}{y} \approx 1 - \frac{v^2}{2c^2}$$

ja sooritada järgmised matemaatilised teisendused:

$$v = c\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = c\frac{1}{y} \approx c\left(1 - \frac{1}{2}\frac{v^2}{c^2}\right)$$

Kui me korrutame võrrandi mõlemad pooled mc-ga, siis saame järgmise „tehete analüüsi“:

$$v \approx c\left(1 - \frac{1}{2}\frac{v^2}{c^2}\right)$$

ehk

$$mcv \approx mc^2\left(1-\frac{1}{2}\frac{v^2}{c^2}\right)$$

milles kaotame ära sulud

$$mcv \approx mc^2-\frac{mv^2}{2}$$

ja avaldame kineetilise energia:

$$\frac{mv^2}{2}=mc^2-mcv$$

ehk

$$\left(\frac{mv'^2}{2}\right)' = (\,mc^2-mcv\,)$$

Meie tuletatud võrrand

$$\frac{mv^2}{2}=mc^2-mcv$$

ehk

$$\frac{mv^2}{2}+mcv=mc^2$$

on sellepärast väga oluline, et sellest saab tuletada Einsteini võrrandit. Näiteks kui mcv korral on v = c ja mc^2 = E, saame keha kogu energia avaldise:

$$mc^2=mcv+\frac{mv^2}{2}$$

ehk

$$E=mc^2+\frac{mv^2}{2}\ ,$$

milles $\frac{mv^2}{2}$ on keha kineetiline energia ja mc^2 on keha seisuenergia. Viimasest valemist saamegi tuletada keha massi ja energia seose relativistlikus mehaanikas (Einsteini valemi) järgmiselt:

$$E=mc^2+\frac{mv^2}{2}=mc^2\left(1+\frac{1}{2}\frac{v^2}{c^2}\right)=mc^2y=mc^2\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}=\frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

ja tõepoolest saamegi seda, et $E=mc^2$, kui keha on paigal ehk v = 0.

Kuid eelnevalt tuletatud võrrandis

$$\frac{mv^2}{2}=mc^2-mcv,$$

milles viisime liikme $-mcv$ teisele poole võrdusmärki:

$$\frac{mv^2}{2}+mcv=mc^2,$$

võrdub võrrandi liige nulliga:

$$mcv=0$$

ehk kiirus on null $v=0$, siis saame järgmise väga tähtsa avaldise:

$$\frac{mv^2}{2} = mc^2$$

ehk

$$E = mc^2$$

Järgmisena näitame seda, et viimane avaldis on tegelikult samaväärne sellise valemiga:

$$\frac{mv^2}{2} = mcv$$

kui viimases valemis on võrrandi liikmes mcv kiirus $v = c$. Kui aga $v = 0$, siis saame kineetilise energia, mis võrdub nulliga:

$$\frac{mv^2}{2} = 0$$

Mehaanilise energia jäävuse seaduse kohaselt peab keha potentsiaalne energia olema maksimaalne, kui tema „liikumisenergia“ ehk kineetiline energia võrdub nulliga:

$$\frac{mv^2}{2} = -\frac{GMm}{R}$$

Sellest tulenevalt saame järgmise seose:

$$-\frac{GMm}{R} = mcv$$

milles $v = 0$. Kui võrrandi liikmes mcv on $v = 0$, siis see tähendab füüsikaliselt seda, et tavaruumi K suhtes on keha m paigal, kuid hyperruumi K´ suhtes liigub keha m kiirusega c. Seetõttu on keha m kineetiline energia $\frac{mv^2}{2} = E_k$ võrdne $E = mc^2$ ja seda siis hyperruumi K´ suhtes. Antud juhul on siin tegemist kineetilise energia definitsiooniga: E_k. Kuna seoses mcv on $v = 0$, mis tähendab seda, et keha m on tavaruumi K suhtes paigal ehk keha kineetiline energia on tavaruumi K suhtes null, siis seega tavaruumi K suhtes olev keha m paigalseisu ehk potentsiaalne energia on võrdne gravitatsioonilise potentsiaalse energiaga järgmiselt:

$$mcv = -\frac{GMm}{R}$$

ja see potentsiaalne energia ei võrdu võrrandis enam nulliga.

2.2.18.12 Elektromagnetväli

Elektromagnetvälja kirjeldavaid Maxwelli võrrandite võrdusi tuletatakse kvantelektrodünaamikas elektromagnetvälja lagranžiaanist L:

$$L = -\frac{1}{4}F_{\mu v}F_{\mu v}$$

kuid neid võrdusi on võimalik tuletada ka otse massi m ja energia E ekvivalentsuse seosest:

$$E = mc^2$$

Selleks viime valguse kiiruse c ruudu võrrandi teisele poole võrdusmärki:

$$\frac{1}{c^2}E = m$$

Elektromagnetismi õpetusest on teada, et valguse kiirus c on seotud elektri- ja magnetkonstandiga järgmiselt:

$$\frac{1}{c^2} = \varepsilon_0\mu_0 = \frac{4\pi * 10^{-7}\frac{N}{A^2}}{4\pi * 9 * 10^9\frac{Nm^2}{(A*s)^2}} = \frac{1}{9 * 10^{16}\left(\frac{m}{s}\right)^2}$$

Selline korrutis tuleneb ka seosest $1C = 1A * 1s$, milles C on kulon, A on amper ja s on sekund. Viimases võrduste jadas teisenevad ühikud täpsemalt:

$$\frac{4\pi * 10^{-7}\frac{N}{A^2}}{4\pi * 9 * 10^9\frac{Nm^2}{(A*s)^2}} = \frac{4\pi * 10^{-7}N(A*s)^2}{4\pi * 9 * 10^9\,NA^2m^2} = \frac{4\pi * 10^{-7}\,A^2s^2}{4\pi * 9 * 10^9\,A^2m^2}$$

Kuid edasiseks analüüsiks teisendame ühikuid nii, et saaksime kasutada elektrilaenguid q:

$$\frac{A^2s^2}{A^2m^2} = \frac{A^2}{A^2\frac{m^2}{s^2}} = \frac{C^2s^2}{C^2s^2\frac{m^2}{s^2}} = \frac{C^2}{C^2\frac{m^2}{s^2}} = \frac{q^2}{q^2c^2} = \varepsilon_0\mu_0$$

Tulemuseks saame võrrandi:

$$\frac{q^2}{q^2c^2} = \frac{1}{c^2} = \varepsilon_0\mu_0$$

ehk

$$\frac{q}{qc} = \frac{1}{c} = \sqrt{\varepsilon_0\mu_0}$$

Avaldame valguse kiiruse ruudu ja viime ühe laengu ruudu võrrandi teisele poole võrdusmärki:

$$\frac{q^2t^2}{l^2} = q^2\varepsilon_0\mu_0$$

Jagame võrrandi mõlemad pooled 4π-ga ja teostame mõned lihtsad matemaatilised teisendused:

$$\frac{q^2}{l^2}\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = F = \frac{q^2}{t^2}\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{1}{2} = I^2K\frac{1}{2}$$

Tulemuseks me näemegi seda, et saadud võrrandi üks pool võrdub elektrijõu F avaldisega:

$$\frac{q^2}{l^2}\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = F$$

Kui me jagame ja korrutame võrrandi teist poolt pikkuse l-ga:

$$\frac{q^2}{t^2}\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{1}{2} = I^2K\frac{1}{2} = I^2K\frac{1}{2}\frac{l}{l} = I^2K\frac{l}{d}$$

milles $d = 2l$, siis me näeme seda, et saadud tulemus:

$$KI^2 \frac{l}{d}$$

ühtib „teatud mööndustega“ magnetjõu F avaldisega:

$$F = K \frac{I_1 I_2}{d} l = B I_2 l$$

milles K on magnetiline konstant, I_1 ja I_2 elektrivoolude tugevused, l juhtmelõigu pikkus, d on kahe juhtmelõigu vaheline kaugus ja B on magnetinduktsioon.

Siinkohal on oluline märkida seda, et näiteks elektrivälja tugevus E on „suunatud“ tsentraalsümmeetriliselt elektrilaengust q eemale:

$$E = k \frac{q}{r^2}$$

kuid magnetväli saab eksisteerida ainult elektrivoolu suunaga risti:

$$sin\alpha\ B = B = \frac{F}{Il} = K \frac{I}{d}$$

kuna d näitab kaugust elektrivoolust, millest järeldubki magnetvälja ja elektrivoolu omavaheline nurk. See tähendab, et vooluga juhtmele mõjuv magnetjõud on suunatud alati risti nii voolu kui ka magnetvälja suunaga. Seetõttu on $\alpha = \frac{\pi}{2}$ ja seega $\sin \alpha = 1$.

Elektrijõu F avaldisest:

$$F = k \frac{q^2}{r^2}$$

on võimalik tuletada elektrivälja potentsiaali φ võrrand:

$$\frac{F}{q} r = k \frac{q}{r} = \varphi$$

Kui me jagame nüüd saadud võrrandi mõlemad pooled ajaga t:

$$\frac{F}{q} \frac{r}{t} = E_T v = \frac{\varphi}{t}$$

siis me näeme sellist diferentsiaalvõrrandi avaldist:

$$\frac{1}{c} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = -divA$$

mis esineb ka tuntud Maxwelli võrrandites.

Maxwelli võrrandid kirjeldavad kogu elektromagnetismi õpetust, kuid need on eelkõige klassikalise füüsika võrrandid. Tuntud Maxwelli võrrandeid on võimalik tuletada ka eespool esitatud ühest ja ainsast diferentsiaalvõrrandist:

$$divA + \frac{1}{c} \frac{\partial \varphi}{\partial t} = 0$$

Näiteks viime divA võrrandi teisele poole võrdusmärki:

$$\frac{1}{c}\frac{\partial\varphi}{\partial t} = -divA$$

ja tõstame võrrandi mõlemad pooled ruutu:

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = (-divA)^2 = \Delta\varphi$$

Tulemuseks saame elektromagnetvälja (antud juhul elektromagnetlaine) potentsiaalide võrrandid:

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = 0$$

ja

$$\Delta A - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 A}{\partial t^2} = 0$$

Kuid elektrilaengu poolt tekitatud elektromagnetvälja vektorpotentsiaal avaldub:

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = -4\pi\rho$$

ja skalaarpotentsiaal:

$$\Delta A - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 A}{\partial t^2} = -\frac{4\pi}{c}j$$

Viimaseid võrrandeid on võimalik avaldada ka ainult magnetvälja tugevuse H kaudu:

$$\Delta H - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 H}{\partial t^2} = 0$$

ja ka elektrivälja tugevuse E kaudu:

$$\Delta E - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0$$

Viimases avaldises viime ΔE võrrandi teisele poole võrdusmärki ja teisendame matemaatiliselt järgmiselt:

$$-\Delta E = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = -\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{1}{c}\frac{\partial E}{\partial t}\right) = -\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}rotH = -\frac{1}{c}rot\frac{\partial H}{\partial t}$$

Saadud tulemus võrdub omakorda:

$$-\frac{1}{c}rot\frac{\partial H}{\partial t} = grad\ div\ E - \Delta E = rot\ rot\ E$$

milles nähtubki Maxwelli esimene võrrand:

$$rot\ E = -\frac{1}{c}\frac{\partial H}{\partial t}$$

Maxwelli teine võrrand avaldub kujul: $div\ H = 0$ ja kolmas võrrand elektromagnetlaine korral:

$$rot\ H = \frac{1}{c}\frac{\partial E}{\partial t}$$

ning elektromagnetvälja korral:

$$rot\ H = \frac{1}{c}\frac{\partial E}{\partial t} + \frac{4\pi j}{c}$$

Maxwelli neljas võrrand avaldub vastavalt järgmiselt: $div\ E = 0$ ja $div\ E = 4\pi\rho$.

Eespool tuletatud diferentsiaalvõrrandist:

$$divA = -\frac{1}{c}\frac{\partial \varphi}{\partial t}$$

ehk

$$\frac{1}{c}\frac{\partial \varphi}{\partial t} = -divA$$

on võimalik tuletada ka elektromagnetvälja tensor, mis samuti kirjeldab kogu elektromagnetilist interaktsiooni Maxwelli võrrandite kõrval. Selleks korrutame näiteks viimase võrrandi mõlemad pooled „diferentsiaalse avaldisega“ $\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}$, tulemuseks saame:

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = -\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}divA = \Delta\varphi$$

ehk

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = 0$$

Viimane avaldis kehtib vaakumis leviva elektromagnetlaine korral, kuid elektrilaengu poolt põhjustatud elektromagnetvälja korral on viimane võrrand kujul:

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = -4\pi\rho$$

Viimasest saame omakorda:

$$\Delta\varphi = -4\pi\rho + \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}$$

ja kui arvestada eespool tuletatud seosega:

$$divA = -\frac{1}{c}\frac{\partial \varphi}{\partial t}$$

siis tuleb võrrand kujul:

$$\Delta\varphi = -4\pi\rho - \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}divA$$

ehk

$$4\pi\rho = -\Delta\varphi - \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}divA$$

Kui me arvestame ka diferentsiaaloperaatorite omavahelisi seoseid:

$$4\pi\rho = -div\ grad\ \varphi - \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}divA$$

siis saame divergentsi viia sulgude ette:

$$div\left(-grad\ \varphi - \frac{1}{c}\frac{\partial A}{\partial t}\right) = 4\pi\rho$$

Tulemus kattub täielikult Maxwelli neljanda võrrandiga: $divE = 4\pi\rho$ või $divE = 0$. Kuid saadud võrrandis olevat väljatugevuse E avaldist:

$$E = -\,grad\,\varphi - \frac{1}{c}\frac{\partial A}{\partial t}$$

on võimalik esitada ka võrrandite süsteemina:

$$\begin{cases} E_1 = i\left(\dfrac{\partial A_4}{\partial x_1} - \dfrac{\partial A_1}{\partial x_4}\right) \\ E_2 = i\left(\dfrac{\partial A_4}{\partial x_2} - \dfrac{\partial A_2}{\partial x_4}\right) \\ E_3 = i\left(\dfrac{\partial A_4}{\partial x_3} - \dfrac{\partial A_3}{\partial x_4}\right) \end{cases}$$

milles esinevad järgmised tähistused: $i\varphi = A_4$ ja $x_4 = ict$. Seda võrrandite süsteemi kirjeldabki 2-st järku neljamõõtmeline antisümmeetriline elektromagnetvälja tensor $F_{\alpha\beta} = -F_{\beta\alpha}$ ehk

$$F_{\alpha\beta} = \frac{\partial A_\beta}{\partial x_\alpha} - \frac{\partial A_\alpha}{\partial x_\beta}$$

millel on kuus komponenti. Selle tensori „pööramine“ avaldub samuti võrrandina:

$$F_{\alpha\beta} = \omega_{\alpha\beta}\omega_{\beta\alpha}F`_{\beta\alpha}$$

mille korral on tegemist Lorentzi teisenduse maatriksiga. Elektromagnetvälja tensor on seotud ka 4-mõõtmelise vooluga:

$$\frac{\partial F_{\alpha\beta}}{\partial x_\beta} = \frac{4\pi}{c} j_\alpha$$

ning elektromagnetvälja tensor avaldub ka maatriksina:

$$\left(F_{\alpha\beta}\right) = \begin{pmatrix} 0 & H_3 & -H_2 & -iE_1 \\ -H_3 & 0 & H_1 & -iE_2 \\ H_2 & -H_1 & 0 & -iE_3 \\ iE_1 & iE_2 & iE_3 & 0 \end{pmatrix}$$

mis on oma olemuselt füüsikaline suurus. Viimases maatriksi võrrandis avalduvad magnetvälja $H = rotA$ rootori komponendid järgmiselt:

$$\begin{cases} H_1 = \dfrac{\partial A_3}{\partial x_2} - \dfrac{\partial A_2}{\partial x_3} \\ H_2 = \dfrac{\partial A_1}{\partial x_3} - \dfrac{\partial A_3}{\partial x_1} \\ H_3 = \dfrac{\partial A_2}{\partial x_1} - \dfrac{\partial A_1}{\partial x_2} \end{cases}$$

Elektromagnetvälja tensor on antisümmeetriline:

$$F_{\alpha\beta} = -F_{\beta\alpha}$$

ja kui me korrutame viimase võrrandi mõlemad pooled liikmega $F_{\alpha\beta}$, siis saame tulemuseks elektromagnetvälja lagranžiaani L võrrandi:

$$F_{\alpha\beta}F_{\alpha\beta} = -F_{\beta\alpha}F_{\alpha\beta}$$

ehk

$$L = F_{\alpha\beta}F_{\alpha\beta}$$

Elektromagnetvälja lagranžiaani L võrrandit esitatakse vahel ka teisiti. Näiteks korrutame võrrandi

$$F_{\alpha\beta}F_{\alpha\beta} = -F_{\beta\alpha}F_{\alpha\beta}$$

mõlemad pooled -1-ga:

$$-F_{\alpha\beta}F_{\alpha\beta} = F_{\beta\alpha}F_{\alpha\beta}$$

ja jagame mõlemad pooled 4-ga:

$$-\frac{1}{4}F_{\alpha\beta}F_{\alpha\beta} = \frac{1}{4}F_{\beta\alpha}F_{\alpha\beta}$$

Tulemuseks saamegi elektromagnetvälja lagranžiaani L võrrandi teise kuju:

$$L = -\frac{1}{4}F_{\alpha\beta}F_{\alpha\beta}$$

Tähelepanuväärne asjaolu on selle juures see, et lagranžiaan L võrdub ka järgmiselt:

$$L = F_{\alpha\beta}F_{\alpha\beta} = H^2 - E^2$$

milles H on magnetvälja tugevus ja E on elektrivälja tugevus. Nende summa aga võrdub teatavasti energia voo tihedusega U:

$$H^2 + E^2 = 8\pi U$$

millest saame omakorda välja enda energia U:

$$U = \iiint \frac{H^2 + E^2}{8\pi} dV$$

2.2.18.12.1 Tuletise kommentaar

Eespool saime tuletada sellise võrrandi:

$$\frac{q^2}{q^2c^2} = \frac{1}{c^2} = \varepsilon_0\mu_0$$

ehk

$$\frac{q}{qc} = \frac{1}{c} = \sqrt{\varepsilon_0\mu_0}$$

millest saime omakorda tuletada elektromagnetismi kirjeldavaid Maxwelli võrrandeid. Kuid mitte-traditsioonilise matemaatilise ja füüsikalise analüüsi korral on võimalik seegi, et elektrilaengud antud võrrandist tegelikult välja ei taandugi ja seetõttu saaksime järgmise edaspidi kasutatava seose:

$$\frac{e}{q} = \frac{1}{c} = \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}$$

milles e on elementaarlaeng ja elektrilaeng q võrdub konstandiga:

$$q = ec$$

Sellisel juhul saame ka seose:

$$\frac{e}{q} = \frac{1}{c^2} = \varepsilon_0 \mu_0$$

milles elektrilaeng q on

$$q = ec^2$$

Kuna elektri- ja magnetkonstant on mõlemad seotud elektrilaenguga q

$$\varepsilon_0 \mu_0 = \frac{q}{q} = \frac{e}{q} = const \neq 1$$

siis sellest saame omakorda väga tähtsa võrrandi:

$$\frac{e}{\varepsilon_0} = \mu_0 q$$

Kuna mistahes elektrilaeng q on täpselt elementaarlaengu e arvkordne:

$$q = Ne$$

siis saame ka järgmise seose:

$$\frac{1}{N} = \frac{e}{q} = \frac{1}{c^2} = const$$

milles e on elementaarlaeng ja N on elektrilaengute kontsentratsioon. Kui me jagame viimase võrrandi mõlemad pooled 4π-ga ja raadiusega r, siis saame antud juhul tulemuseks elektrivälja potentsiaali φ avaldise:

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} e = \frac{1}{2} \frac{\mu_0}{2\pi} q$$

ehk

$$\varphi = k \frac{e}{r} = \frac{K}{2} \frac{q}{r}$$

milles elektriline konstant k avaldub:

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$$

ja magnetiline konstant K:

$$K = \frac{\mu_0}{2\pi}$$

Viimasest järeldub konstandi K definitsioon:

$$k \frac{2e}{q} = K = const$$

milles

$$q = ec^2$$

See annabki meile elektrivälja potentsiaali φ:

$$k \frac{e}{r} = \frac{K}{2} \frac{q}{r} = k \frac{2e}{q} \frac{1}{2} \frac{q}{r} = k \frac{e}{r} = \varphi$$

Eespool oleva analüüsi järgi saame teha seisuenergia E avaldises järgmised matemaatilised teisendused:

$$m = e\frac{E}{q} = \frac{e}{q}E = \frac{1}{c^2}E = \varepsilon_0\mu_0 E$$

Tulemuseks saame:

$$\frac{e}{q}E = \varepsilon_0\mu_0 E$$

milles väljaenergia E taandub ilusti välja:

$$\frac{e}{q} = \varepsilon_0\mu_0$$

Viimast teisendame omakorda järgmiselt:

$$\frac{e}{\varepsilon_0} = q\mu_0$$

Kui me nüüd jagame võrrandi mõlemad pooled 4πr-ga, siis saame väljapotentsiaali φ avaldise:

$$\frac{e}{4\pi\varepsilon_0}\frac{1}{r} = \frac{1}{2}\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{q}{r} = \varphi$$

Siinkohal on huvitav märkida seda, et meie tuletatud potentsiaali φ võrrandis:

$$\varphi = k\frac{e}{r} = \frac{K}{2}\frac{q}{r}$$

esineb ühel poolel elektrivälja potentsiaal φ ja teisel poolel magnetiline konstant K:

$$\varphi = \frac{K}{2}\frac{q}{r}$$

Selline pealtnäha absurdne võrdus saab aga hoopis uue kuju, kui me elektrilaengu q avaldame elektrivoolu I ja ajaperioodi t korrutisena:

$$q = It$$

Selle tulemusena saame:

$$\varphi = \frac{K}{2}\frac{q}{r} = \frac{K}{2}\frac{I}{d}t$$

milles I on elektrivool ja seega d on kaugus elektrivoolust. Viimasest saame tuletada Ampere`i seadusest tuntud magnetinduktsiooni B avaldise:

$$\frac{2\varphi}{t} = K\frac{I}{d} = B$$

ehk

$$2\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e}{rt} = 2k\frac{I}{d} = K\frac{I}{d} = B$$

milles $\alpha = \frac{\pi}{2}$ ja seega $\sin\alpha = 1$.

Saadud seos magnetinduktsiooni B ja elektrivälja potentsiaali φ vahel

$$\frac{2\varphi}{t} = K\frac{I}{d} = B$$

võib esmapilgul tunduda absurdne, kuid eespool saime elektrilise võrdeteguri k avaldise kujul:

$$k = \frac{Kq}{2e}$$

ja seetõttu saamegi puhtalt magnetinduktsiooni B võrrandi:

$$2k\frac{I}{d} = 2\frac{Kq}{2e}\frac{I}{d} = 2\frac{Kq}{2e}\frac{e}{rt} = K\frac{I}{d} = B$$

ehk

$$B = K\frac{I}{d}$$

milles I on elektrivool, d on kaugus elektrivoolust ja K on magnetiline võrdetegur. Kui me Ampere`i seaduse järgi avaldame eespool tuletatud võrrandis

$$\varphi = \frac{K}{2}\frac{I}{d}t$$

magnetvälja kirjeldava magnetinduktsiooni B:

$$K\frac{I}{d} = B$$

siis see annab meile võrrandi kujuks:

$$\varphi = \frac{1}{2}Bt$$

ehk

$$\frac{\varphi}{t} = \frac{1}{2}B$$

Magnetinduktsioon B on seotud magnetvälja tugevusega H:

$$B = \mu H$$

ja magnetvälja tugevus H on seotud omakorda „elektromagnetvälja vektorpotentsiaaliga“ A:

$$H = rotA$$

Need seosed annavad meile võrrandi lõplikuks kujuks:

$$\frac{\varphi}{t} = \frac{1}{2}\mu\, rotA$$

mis näitab meile selgelt seda, et elektrivälja (potentsiaali) muutus tekitab magnetvälja ja see kehtib ka vastupidisel juhul – magnetvälja muutus tekitab elektrivälja. Edaspidi tõestame, et viimane avaldis avaldub ka järgmiselt:

$$\frac{\partial\varphi}{\partial t} = -c\ divA$$

mis on oma olemuselt Maxwelli võrranditest tuntud elektromagnetvälja potentsiaali kirjeldav võrrand:

$$\frac{1}{c}\frac{\partial\varphi}{\partial t} = -\ divA$$

ehk

$$divA + \frac{1}{c}\frac{\partial \varphi}{\partial t} = 0$$

Näitame seda järgnevalt. Näiteks eelnev analüüs kehtib väga täpselt ka elektrivälja potentsiaali φ tuletamise korral võrrandist:

$$\varphi = k\frac{e}{r} = \frac{K}{2}\frac{q}{r}$$

Sellisel juhul avaldub magnetiline võrdetegur K eespool tuletatud seosena:

$$K = 2k\frac{e}{q}$$

mille tulemusena saamegi puhtalt elektrivälja potentsiaali φ avaldise:

$$\varphi = k\frac{e}{r} = \frac{K}{2}\frac{q}{r} = 2k\frac{e}{q}\frac{1}{2}\frac{q}{r} = k\frac{e}{r}$$

ehk

$$\varphi = k\frac{e}{r}$$

milles e on elementaarlaeng, r on kaugus elektrilaengust ja k on elektriline võrdetegur. Viimasest ongi võimalik tuletada elektromagnetvälja (s.t. elektromagnetlaine) potentsiaali võrrand. Näiteks kui me jagame elektrivälja potentsiaali φ võrrandi

$$\varphi = k\frac{e}{r} = k\frac{q}{r}$$

mõlemad pooled „kohavektoriga“ r, siis saame elektrivälja tugevuse E võrrandi:

$$\frac{\varphi}{r} = k\frac{q}{r^2} = E = \frac{F}{q}$$

Järgnevalt oletame seda, et kohavektor r avaldub: $r = ct$. See annab meile võrrandi kujuks:

$$\frac{\varphi}{ct} = E$$

Väljatugevus E on seotud omakorda elektromagnetvälja skalaarpotentsiaaliga φ:

$$E = -grad\varphi = -\left(\frac{\partial \varphi}{\partial x_1}, \frac{\partial \varphi}{\partial x_2}, \frac{\partial \varphi}{\partial x_3}\right) \neq -divA = -\left(\frac{\partial A_1}{\partial x_1} + \frac{\partial A_2}{\partial x_2} + \frac{\partial A_3}{\partial x_3}\right) = -\frac{\partial A_j}{\partial x_j}$$

kuid magnetvälja tugevus H on seotud sellega järgmiselt:

$$H = rotA = \left(\frac{\partial A_3}{\partial x_2} - \frac{\partial A_2}{\partial x_3}, \frac{\partial A_1}{\partial x_3} - \frac{\partial A_3}{\partial x_1}, \frac{\partial A_2}{\partial x_1} - \frac{\partial A_1}{\partial x_2}\right)$$

Need lihtsad seosed annavad meile võrrandi lõplikuks kujuks:

$$\frac{1}{c}\frac{\varphi}{t} = E$$

Saadud võrrand ühtib elektromagnetvälja potentsiaali diferentsiaalvõrrandiga:

$$\frac{1}{c}\frac{\partial\varphi}{\partial t} = -divA$$

ehk

$$divA + \frac{1}{c}\frac{\partial\varphi}{\partial t} = 0$$

mis muidu tuletatakse kogu elektromagnetismi kirjeldavatest Maxwelli võrranditest.

Siinkohal on oluline märkida seda, et eespool esitatud matemaatiline ja füüsikaline analüüs kehtib ainult siis, kui esitatud võrdus:

$$\frac{q^2}{q^2c^2} = \frac{q^2}{q^2}$$

on õige. Järgnevalt tõestamegi sellise seose õigsust. Näiteks võime eespool tuletatud võrrandis:

$$\frac{q^2}{q^2c^2} = \frac{q^2}{q^2}$$

mõned laengud q välja taandada:

$$\frac{1}{c^2} = \frac{q^2}{q^2}$$

Tulemuseks püüame saada sellise seose:

$$\frac{1}{c^2} = \frac{q}{q}$$

Nüüd viime laengu q ja valguse kiiruse c võrrandi teisele poole võrdusmärki:

$$\frac{q}{c} = qc$$

ja avaldame valguse kiiruse c:

$$\frac{q}{l}t = q\frac{l}{t}$$

Saadud seosest saame elektrivoolu I ja kiiruse v korrutise:

$$\frac{q}{l} = \frac{q}{t}c = Iv$$

Elektrivool I on seotud magnetjõuga F ja magnetinduktsiooniga B:

$$\frac{q}{r} = \frac{\varphi}{k} = Iv = Il\frac{1}{t} = \frac{F}{B}\frac{1}{t} = \frac{F}{\varphi}$$

Viimane avaldis näitabki magnetinduktsiooni B definitsiooni:

$$\frac{F}{B}\frac{1}{t} = \frac{F}{\varphi}$$

ehk

$$\frac{\varphi}{t} = B$$

Elektrivälja muutus kutsub esile magnetvälja tekkimise. Elektrivälja potentsiaal φ on seotud elektrivälja tugevusega E_T:

$$\frac{\varphi}{t} = B = K\frac{I}{d} = \frac{F}{Il} = \frac{F}{q}\frac{t}{l} = \frac{F}{q}\frac{1}{c} = E_T\frac{1}{c}$$

Kuna eelnevalt saime ka magnetinduktsiooni B:

$$\frac{\varphi}{t} = E_T\frac{1}{c} = B$$

siis seega saame seosest:

$$E_T = Bc$$

elektrivälja tugevuse avaldise:

$$\frac{\varphi}{l} = \frac{\varphi}{ct} = Bc$$

millest nähtubki elektrivälja potentsiaali φ muutuse seos ajas t:

$$\frac{\varphi}{t} = Bc^2 = E_T c$$

ehk

$$\frac{\varphi}{t} = E_T c$$

Selline seos on võimalik tuletada puhtalt elektrijõu F avaldisest:

$$F = k\frac{q^2}{r^2}$$

kuna sellest omakorda tuletatav elektrivälja potentsiaali φ võrrand:

$$\frac{F}{q}r = k\frac{q}{r} = \varphi$$

annabki meile potentsiaali muutuse avaldise, kui me jagame võrrandi mõlemad pooled ajaga t:

$$\frac{F}{q}\frac{r}{t} = E_T v = \frac{\varphi}{t}$$

Selline kokkulangevus tõestabki eespool esitatud võrrandite kehtivust.

Tegelikult „nähtub“ eespool saadud võrrand:

$$\frac{\varphi}{t} = E_T\frac{1}{c} = B$$

puhtalt ka magnetjõu F avaldisest:

$$F = K\frac{I_1 I_2}{d}l$$

ehk

$$F = BI_2 l = BIl$$

Näiteks kui me toome magnetinduktsiooni B eraldi välja:

$$\frac{F}{Il} = \frac{F}{qv} = \frac{F}{qc} = E_T\frac{1}{c} = B = \mu_0 H$$

siis me saamegi eespool esitatud avaldise:

$$E_T \frac{1}{c} = B$$

mis annab samuti tunnistust eespool oleva analüüsi õigsusest.

Tähelepanelik lugeja kindlasti märkab seda, et eespool tuletatud võrdus:

$$\frac{\varphi}{t} = B$$

saadi ka sellisel juhul, mille korral oli ka magnetinduktsioon B jagatud kahega:

$$\frac{\varphi}{t} = B\frac{1}{2}$$

Tekib küsimus, et miks see nii on? Vastus peitub seisuenergia valemi kasutamises:

$$E = mc^2$$

Näiteks kui me viimast avaldist teisendame kujule:

$$\frac{1}{c^2} = \frac{q}{q} = \frac{e}{q} = \varepsilon_0\mu_0 = \frac{m}{E}$$

ehk

$$\frac{e}{q} = \varepsilon_0\mu_0$$

siis selle teisendamisel ja matemaatilise tuletamise korral:

$$\frac{e}{\varepsilon_0} = q\mu_0$$

saimegi eespool tuletatud võrrandi:

$$\frac{\varphi}{t} = B\frac{1}{2}$$

mille korral oli magnetinduktsioon B jagatud kahega. Kui aga kasutada matemaatilise analüüsi korral kosmoloogia osas tuletatud võrrandit:

$$E = mc^2 = \frac{mc^2}{2}$$

ehk

$$2mc^2 = E = mc^2$$

ehk

$$2E = mc^2$$

siis sellisel juhul taandub kahega jagatis võrrandist ilusti välja. Näitame seda järgnevalt. Näiteks võime viimast avaldist teisendada järgmiselt:

$$2\frac{1}{c^2} = 2\frac{q}{q} = 2\frac{e}{q} = 2\varepsilon_0\mu_0 = \frac{m}{E}$$

mille tulemusena saame:

$$2\frac{1}{c^2} = \frac{m}{E}$$

ehk

$$\frac{m}{E} = 2\frac{1}{c^2}$$

Sellest ongi näha võrrandit

$$\frac{e}{q} = 2\varepsilon_0\mu_0$$

ehk

$$\frac{e}{\varepsilon_0} = 2q\mu_0$$

mille korral saab tuletada avaldis:

$$\frac{\varphi}{t} = B$$

milles ei ole magnetinduktsioon B enam jagatud kahega.

Veelkord võiks ära näidata seda, et näiteks eespool tuletatud võrdus:

$$\frac{\varphi}{t} = Bc^2$$

juba iseenesest näitabki kahega jagatise päritolu. Näiteks kui me viime magnetinduktsiooni B võrrandi teisele poole võrdusmärki:

$$\frac{\varphi}{B}\frac{1}{t} = c^2$$

siis saame viimast avaldist teisendada järgmiselt:

$$k\frac{q}{r}\frac{d}{KI} = \frac{k}{K}\frac{q}{q}\frac{d}{r}\frac{t}{t} = \frac{k}{K} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2\pi}{\mu_0} = c^2$$

See annab meile võrduse:

$$\frac{1}{2}\frac{1}{\varepsilon_0\mu_0} = c^2$$

Teades, et elektri- ja magnetkonstant on seotud valguse kiiruse c ruuduga:

$$\frac{1}{\varepsilon_0\mu_0} = c^2$$

siis võime kirjutada:

$$\frac{c^2}{2} = c^2$$

Kui me korrutame võrrandi mõlemad pooled massiga m:

$$E = \frac{mc^2}{2} = mc^2$$

siis me saame sellise võrrandi, mida tuletatakse ajas rändamise füüsikateooria kosmoloogia osas. Ka selline kokkulangevus kinnitab eespool oleva matemaatilise ja füüsikalise analüüsi õigsust.

2.2.18.12.2 Matemaatiline märkus 1

Eespool saime tuletada elektrivälja tugevuste võrrandi elektromagnetlaine juhul:

$$\Delta E - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0$$

mis lahti kirjutatuna esitub järgmiselt:

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)E - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0$$

ehk

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)E = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$$

Viimast võrrandit saab tegelikult esitada ka kujul:

$$\frac{E}{l^2} = \frac{1}{c^2}\frac{E}{t^2}$$

millest nähtub valguse kiiruse avaldis:

$$Ec^2 = E\frac{l^2}{t^2}$$

ehk

$$c = \frac{l}{t}$$

Elektromagnetlaine levimiskiirus vaakumis ühtib täpselt valguse kiirusega c. Kuid elektri- ja magnetvälja muutumise või tekkimise kiirus elektromagnetlaines võrdub samuti valguse kiirusega c.

Maxwelli võrrandite võrdusi tuletatakse kvantelektrodünaamikas elektromagnetvälja lagranži-aanist L:

$$L = -\frac{1}{4}F_{\mu v}F_{\mu v}$$

kuid neid võrdusi tuletasime ka otse massi m ja energia E ekvivalentsuse seosest:

$$E = mc^2$$

Selleks viisime valguse kiiruse c ruudu võrrandi teisele poole võrdusmärki:

$$\frac{1}{c^2} = \frac{m}{E}$$

Kuna valguse kiirus c on seotud elektri- ja magnetkonstandiga järgmiselt:

$$\frac{1}{c^2} = \varepsilon_0\mu_0 = \frac{4\pi * 10^{-7}\frac{N}{A^2}}{4\pi * 9 * 10^9\frac{Nm^2}{(A*s)^2}} = \frac{1}{9 * 10^{16}\left(\frac{m}{s}\right)^2}$$

ehk

$$\frac{4\pi * 10^{-7}\frac{N}{A^2}}{4\pi * 9 * 10^9\frac{Nm^2}{(A*s)^2}} = \frac{4\pi * 10^{-7}N(A*s)^2}{4\pi * 9 * 10^9\,NA^2m^2} = \frac{4\pi * 10^{-7}\,A^2s^2}{4\pi * 9 * 10^9\,A^2m^2}$$

siis seega teisendasime ühikuid nii, et saaksime kasutada ka elektrilaenguid q:

$$\frac{A^2s^2}{A^2m^2} = \frac{A^2}{A^2\frac{m^2}{s^2}} = \frac{C^2s^2}{C^2s^2\frac{m^2}{s^2}} = \frac{C^2}{C^2\frac{m^2}{s^2}} = \frac{q^2}{q^2c^2} = \varepsilon_0\mu_0$$

Tulemuseks saime võrrandi:

$$\frac{q^2}{q^2c^2} = \frac{1}{c^2} = \varepsilon_0\mu_0$$

millest „tuletasimegi“ elektri- ja magnetvälja kirjeldavad võrrandid. Sellises matemaatilises ja füüsikalises analüüsis ei esine tegelikult mitte mingisuguseid vastuolusid, kuna see kehtib ka vastupidisel juhul. Vastupidisel korral saaksime „tuletada“ elektri- ja magnetvälja võrranditest seisuenergia võrrandi: $E = mc^2$. Näitame seda kohe järgnevalt.

MÄRKUS: Põhimõte seisneb selles, et kui kehtib võrdus:

$$2 + 3 = 5$$

siis peab kehtima ka selline võrdus:

$$3 + 2 = 5$$

mis tähendab seda, et tulemus jääb mõlemal juhul samasuguseks.

Eespool saime tuletada elektrijõu ja magnetjõu omavahelise võrduse:

$$k\frac{q^2}{r^2} = K\frac{I_1I_2}{d}l$$

Kui me nüüd korrutame antud võrduse mõlemad pooled jagatisega: $\frac{l}{2}$, siis saame tulemuseks energiate omavahelise võrduse:

$$k\frac{q^2}{r}\frac{1}{2} = \frac{E}{2} = K\frac{I_1I_2}{d}l\frac{l}{2} = BIl^2\frac{1}{2} = Bl^2\frac{1}{2}\frac{q}{t} = \frac{Blv}{2}q = \frac{Li^2}{2}\frac{1}{2} = \frac{E}{2}$$

ehk

$$\frac{E}{2} = \frac{E}{2}$$

ehk $E = E$. Selline tulemus ühtib elektromagnetvälja energiate juhuga, mille korral on näiteks elektromagnetlaine elektrivälja energia ja magnetvälja energia omavahel võrdsed:

$$\frac{\varepsilon_0\varepsilon{E_T}^2}{2}V = \frac{\mu_0\mu H^2}{2}V$$

Täpsemalt, energiate tihedused on omavahel võrdsed:

$$\frac{\varepsilon_0\varepsilon{E_T}^2}{2} = \frac{\mu_0\mu H^2}{2}$$

Valgus on oma olemuselt ruumis liikuv elektromagnetväli. Selle füüsikaline olemus seisneb elektri- ja magnetvälja üksteise muutumises, mis levib ruumis edasi lainena kiirusega c. Elektromagnetvälja

ehk elektromagnetlaine energia E avaldub elektrivälja ja magnetvälja energiate summana:

$$E = E_E + E_H = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon {E_T}^2}{2} V + \frac{\mu_0 \mu H^2}{2} V$$

ja sellest tulenevalt saame elektromagnetlaine energiatiheduseks:

$$\omega = \omega_E + \omega_H = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon {E_T}^2}{2} + \frac{\mu_0 \mu H^2}{2}$$

milles kehtib võrdus

$$\omega_E = \omega_H$$

Ruumis liikuval elektromagnetlainel endal ei ole elektrilaengut, kuid elektrivälja tugevus avaldub elektrilaengu q korral järgmiselt:

$$E_T = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon} \frac{q}{r^2} = k \frac{q}{r^2}$$

ja magnetvälja tugevus H on avaldatav:

$$H = \frac{B}{\mu_0 \mu}$$

milles magnetvälja induktsioon B on näiteks solenoidi korral:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$$

kus I on defineeritud elektrivooluna:

$$I = \frac{q}{t}$$

Eelneva põhjal saame elektromagnetlaine energiatiheduse ω kirjutada ka järgmisel kujul:

$$\omega = 2\omega_E = \varepsilon_0 \varepsilon {E_T}^2$$

Seda sellepärast, et elektromagnetlaine energiatihedus võrdus laine elektri- ja magnetvälja energiatiheduste summaga:

$$\omega = \omega_E + \omega_H = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon {E_T}^2}{2} + \frac{\mu_0 \mu {H}^2}{2}$$

milles

$$\omega_E = \omega_H$$

ehk

$$E_T \sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon} = H \sqrt{\mu_0 \mu}$$

Sellest tulenevalt saame vaakumis liikuva elektromagnetlaine energiatiheduse võrrandi:

$$\omega = \sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon \mu_0 \mu}\, E_T H$$

kuna

$$\omega = 2\omega_E = \varepsilon_0 \varepsilon {E_T}^2$$

mille korral

$$\frac{\varepsilon_0 \varepsilon {E_T}^2}{2} = \frac{\mu_0 \mu {H}^2}{2}$$

Elektromagnetlaine või energiavälja muutuse levimise kiirus ruumis avaldub elektri- ja magnet-

konstantidega:

$$\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon \mu_0 \mu}} = v = c$$

Sellest tulenevalt saame laine energiatiheduse seoseks:

$$\omega = \frac{EH}{v} = \frac{EH}{c}$$

milles väli liigub ruumis valguse kiirusega: $v = c$. Viimase võrrandi mõlemad pooled jagame c^2-ga:

$$\frac{\omega}{c^2} = \frac{EH}{c^3}$$

Kuna ω on välja energia(tihedus) ja c^2 on valguse kiirus ruudus, siis $E = mc^2$ järgi peaks välja mass avalduma järgmiselt:

$$\frac{EH}{c^3} = m$$

Seetõttu saamegi tuntud seose

$$\frac{\omega}{c^2} = m$$

mis väljendab massi ja energia ekvivalentsust:

$$\omega = E = mc^2$$

Eelnev tuletuskäik näitab väga selgelt seda, et erirelatiivsusteooriast tuntud seisuenergia avaldis on otseselt tuletatav ka elektromagnetvälja energiast ja seisuenergia näitab peale keha massi energiat ka veel välja energiat.

Eelnevalt saime välja massi m seoseks:

$$m = \frac{EH}{c^3}$$

Kui me viimases võrrandis kirjutame elektrivälja tugevuse E ja magnetvälja tugevuse H korrutise lahti, siis saame tuletada klassikalisest mehaanikast tuntud kineetilise energia valemi E_k. Näiteks elektrivälja energia E võrrandist:

$$E = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon {E_T}^2}{2}$$

saame kätte elektrivälja tugevuse avaldise:

$$E_T = \sqrt{\frac{2E}{\varepsilon_0 \varepsilon}} = \frac{\sqrt{2E}}{\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon}}$$

Täpselt sama on ka magnetvälja tugevuse H avaldise esitamisega:

$$H = \frac{\sqrt{2E}}{\sqrt{\mu_0 \mu}}$$

Sellest tulenevalt saame elektrivälja tugevuse ja magnetvälja tugevuse korrutise EH avaldada kujul:

$$EH = \frac{\sqrt{2E}}{\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon}} \frac{\sqrt{2E}}{\sqrt{\mu_0 \mu}} = \sqrt{2E}\sqrt{2E} \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon \mu_0 \mu}} = 2Ev = 2Ec$$

milles väli liigub tühjas ruumis ehk vaakumis valguse kiirusega: $v = c$. Kuna saime seose

$$EH = 2Ec$$

siis saame energia avaldiseks 2E:

$$\frac{EH}{c} = 2E$$

mis kattub eespool saadud elektromagnetvälja energiatiheduse 2E = 2ω avaldisega:

$$\omega = 2\omega_E = \varepsilon_0 \varepsilon {E_T}^2$$

Viimases võrrandis arvestatakse nii elektrivälja kui ka magnetvälja energiatihedust. Sellest tulenevalt saame välja massi m avaldada kujul:

$$m = \frac{EH}{c^3} = \frac{2Ec}{c^3} = \frac{2E}{c^2}$$

millest nähtubki klassikalisest mehaanikast tuntud kineetilise energia valem:

$$E = \frac{mc^2}{2}$$

Kuna eespool saime tuletada ka tuntud seisuenergia seose:

$$E = mc^2$$

siis seega peab kehtima järgmine võrdus:

$$E_k = \frac{mc^2}{2} = mc^2$$

mis oli juba eespool matemaatiliselt ja füüsikaliselt tuletatud ning analüüsitud. See kinnitab seisukohta, et füüsikalise keha või välja seisuenergia on oma olemuselt kineetiline energia (liikuva) aja suhtes.

Elektrivälja ja magnetvälja energiate võrrandeid on võimalik tuletada ka ainult magnetjõu F avaldisest:

$$F = k\frac{q^2}{r^2} = K\frac{I_1 I_2}{d} l = F$$

ehk

$$F = BI_2 l = BIl$$

Selleks toome magnetinduktsiooni B eraldi välja:

$$\frac{F}{Il} = \frac{F}{qv} = \frac{F}{qc} = B = \mu_0 H$$

Näiteks kui me avaldame saadud võrrandis:

$$E_T \frac{1}{c} = \mu_0 H$$

valguse kiiruse c ja korrutame võrrandi mõlemad pooled magnetvälja tugevusega H, saame tulemuseks:

$$HE_T\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0} = \mu_0 H^2$$

mis tegelikult juba kattubki eespool tuletatud elektrivälja ja magnetvälja energiatiheduste summaga:

$$\omega = 2\omega_H = HE_T\sqrt{\varepsilon_0\mu_0} = \mu_0 H^2$$

Selles on näha magnetvälja energiatiheduse avaldist:

$$\omega_H = \frac{\mu_0\mu H^2}{2}$$

ja elektrivälja energiatiheduse avaldist:

$$\omega_E = \frac{\varepsilon_0\varepsilon {E_T}^2}{2}$$

ning nende omavahelist võrdust:

$$\frac{\varepsilon_0\varepsilon {E_T}^2}{2} = \frac{\mu_0\mu H^2}{2}$$

ehk

$$\varepsilon_0\varepsilon {E_T}^2 = \mu_0\mu H^2$$

Siinkohal võib märkida veel ka seda, et eespool tuletatud võrrandist:

$$\frac{1}{c^2} = \frac{m}{E} = \varepsilon_0\mu_0 = \frac{q^2}{q^2c^2}$$

saaksime massi m definitsiooniks:

$$m = \frac{E}{q}\frac{q^2}{q}\frac{1}{c^2} = k\frac{q}{r}q\frac{1}{c^2}$$

mis kattuks suurepäraselt elektrivälja potentsiaali avaldisega:

$$\frac{mc^2}{q} = \frac{E}{q} = \varphi$$

Selline lihtne analüüs näitab pealtnäha erinevate valemite kokkusobivust.

2.2.18.12.3 Matemaatiline märkus 2

Eespool „tuletati“ Maxwelli võrrandeid „iseäralikul moel“, mille korral näidati elektromagnetismi füüsika tulenemist ainult valguse kiiruse, elektri- ja magnetkonstandist. Kuid konventsionaalses füüsikas tuletatakse Maxwelli võrrandeid erinevatest diferentsiaalvõrranditest. Näiteks Maxwelli neljas võrrand on tuletatav magnetvoo ja vektorvälja voo definitsioonide kaudu. Näitame seda lühidalt järgnevalt.

Näiteks elektrivälja tugevuse E võrrandist saame elektrivälja potentsiaali φ avaldise:

$$Er = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r} = \varphi$$

Elektrivälja potentsiaal φ on „võrdeline“ elektrostaatilise jõuga F:

$$\varphi = F\frac{r}{q}$$

Koordinaati r saame avaldada kiiruse ja aja korrutisena: ct. Selle tõttu saame teisendada järgmiselt:

$$\varphi = F\frac{1}{q}ct = F\frac{t}{q}\frac{l}{t} = \frac{Fl}{I}\frac{1}{t}$$

Kuna saadud valemis esineb elektrivool I, millega kaasnevad juba magnetilised nähtused, siis seega võime elektrostaatilise jõu F asemel arvestada nüüd hoopis magnetjõuga F. Sellest tulenevalt saime sellise jagatise, mis on võrdne füüsikas tuntud magnetvoo mõistega (ühikutes):

$$\frac{Fl}{I} \rightarrow \frac{1N * 1m}{1A} = \frac{1N}{1A * 1m}1m^2 = 1T * 1m^2 = 1Wb$$

ehk

$$1T * 1m^2 = 1Wb$$

Ühikute asemel kirjutame välja neile vastavad suurused:

$$BS = \Phi$$

Tegemist on magnetvoo definitsiooniga, milles S on pindala ja B on magnetinduktsioon. Kui magnetvoogu jagada ajaperioodiga t:

$$\frac{1Wb}{1sek} = 1V$$

siis saame tulemuseks Faraday induktsiooniseaduse:

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

mis on elektromagnetismi füüsika üks põhivõrrandeid. Selline suurus kirjeldab magnetvoo muutumise kiirust ja selle ühikuks on volt V. Osutub, et selline ühik ühtib eespool tuletatud elektrivälja potentsiaali ühikuga:

$$\varphi = \frac{Fl}{I}\frac{1}{t}$$

Näiteks elektrivälja potentsiaali ühikuks on energia jagatud laenguga:

$$\varphi = \frac{E_p}{q} \rightarrow \frac{1J}{1C}$$

ja pinge ühikuks on tegelikult samuti energia jagatud laenguga:

$$U = \frac{A}{q} \rightarrow \frac{1J}{1C} = 1V$$

siis sellest tulenevalt saame ka elektrivälja potentsiaali ühikuks 1V:

$$\varphi \rightarrow 1V$$

mis ühtib ka saadud elektromotoorjõu ε_i ühikuga 1V. Elektromagnetvälja korral peame arvestama peale elektrivälja ka veel magnetväljaga ja ka nende kahe omavahelise muutumisega üksteiseks.

Kahe paralleelse juhtmelõigu vahel esineb magnetjõud F:

$$F = K\frac{I_1 I_2}{d}l$$

milles K on konstant $K = \frac{\mu_0}{2\pi}$, d on juhtmete vahekaugus, l on juhtmete pikkus ja I_1 ning I_2 on juhtmete voolutugevused. Viimases valemis avaldub magnetinduktsioon B järgmiselt:

$$B = K\frac{I}{d}$$

milletõttu saame kirjutada Ampere'i seaduse:

$$F = BIl\,sin\alpha$$

Kui magnetväli on voolu suunaga risti, siis võime kirjutada:

$$F = BIl$$

Tegemist on magnetjõuga F, mis mõjub vooluga juhtmele magnetväljas. Klassikalisest mehaanikast teame, et jõu F ja teepikkuse b korrutis on aluseks töö A definitsioonile:

$$A = Fb$$

Selles võrdub nurk antud juhul ühega: $cos\alpha = 1$. Viimane võrrand tähendab seda, et tööd tehakse siis, kui kehale mõjub jõud ja keha liigub selle jõu mõjul. Sellise definitsiooni kasutamise korral saame töö A, mida teeb magnetjõud F juhtme liigutamiseks teepikkuse b võrra magnetväljas:

$$A = Fb = BIlb = BIS$$

Viimases avaldises esineb pindala: $l * b = S$. See tuleneb juhtme enda pikkuse l ja ruumis läbitud teepikkuse b korrutisest. Selle järgi saamegi jõuda magnetvoo mõisteni:

$$\frac{A}{I} = BS$$

Magnetvoog Φ näitab, millisel määral läbivad magnetvälja jõujooned vaadeldavat pinda selle pinna suuruse ja asendi tõttu magnetväljas:

$$\Phi = BS\,cos\beta$$

Magnetvoog näitab pinda läbivate jõujoonte arvu. Kui $cos\beta = 1$, siis saame kirjutada:

$$\Phi = BS$$

Sellisel juhul läbib pinda suurim arv jõujooni. Magnetvoo definitsioonist $\Phi = BS$ saame omakorda elektromagnetilise induktsiooni põhiseaduse ehk Faraday induktsiooniseaduse:

$$\varepsilon_i = -k\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

See avaldis tähendab seda, et induktsiooni elektromotoorjõud on võrdeline magnetvoo muutumise kiirusega. Induktsioonivool ja ka vastav elektromotoorjõud ε_i on seda suuremad, mida kiiremini magnetvälja muutus toimub. SI-süsteemis on selle kuju:

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

kuna k = 1. Üks veeber on selline magnetvoo muutus, mis ühe sekundi jooksul toimudes tekitab induktsiooni elektromotoorjõu üks volt (1 Wb = 1 V * 1 s):

$$\Delta\Phi = -\varepsilon_i \Delta t$$

Miinusmärk näitab toimuva muutuse suunda. Faraday induktsiooniseaduses

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

väljendab miinusmärk tegelikult Lenzi reeglit. Lenzi reegli kohaselt toimib induktsioonivool alati vastupidiselt voolu esile kutsuvale põhjusele. Induktsioonivool soodustab alati olemasoleva olukorra säilimist.

NÄIDE. Oletame, et meil on tegemist juhtmepooliga, mis koosneb 400 keerust ja mille takistus alalisvoolule on 4 Ω. Pooli otste küljes on tester, mis töötab mõõtepiirkonnal 100 mV ja mille takistus on 1 kΩ. Testri osuti hälbib väärtuseni 10 mV, kui pooli sisse pista ühe sekundi jooksul püsimagnet. Püsimagneti ristlõikepindala on 0,5 cm^2. Pool on sellisel juhul vooluallikas sisetakistusega r = 4 Ω. Testri takistus 1 kΩ on välistakistuseks R. Klemmipinge U on antud juhul võrne elektromotoorjõuga ε_i, kuna välistakistus R on sisetakistusest r palju suurem. Keerde võib näha vooluallikatena, mis on ühendatud jadamisi. Faraday induktsiooniseaduse võime kirjutada siin ilma miinusmärgita:

$$\varepsilon_i = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

kuna me huvitume muutuse suurusest, mitte selle suunast. Eespool olevatest andmetest nähtub, et elektromotoorjõud ühes keerus avaldub:

$$\varepsilon_{ü} = \frac{\varepsilon_i}{N} = \frac{10mV}{400} = 25\mu V$$

Selle järgi saame magnetvoo muutuse järgmiselt:

$$\Delta\Phi = \varepsilon_{ü}\Delta t = 25\mu V * 1s = 25\mu Wb$$

Tuleb märkida seda, et magnetvoo algväärtus võrdus nulliga. Sellest tulenevalt võrdub magnetvoo lõppväärtus Φ arvuliselt muutusega ΔΦ. Magnetinduktsiooni B väärtuse leiame järgmiselt:

$$B = \frac{\Phi}{S} = \frac{25 * 10^{-6} Wb}{5 * 10^{-5} m^2} = 0{,}5\ T$$

Viimases me näeme, et β = 0 ehk cosβ = 1. See tuleneb sellest, et magnetväli on suunatud piki keerdude ühist normaali, kuna püsimagneti magnetväli on paralleelne pooli teljega. Lõppjäreldusena võib väita, et magnetvoog ühes keerus muutus 25 mikroveebri võrra ja püsimagneti magnetinduktsioon B oli 0,5 teslat.

Elektromagnetilise induktsiooni nähtus esineb ka homogeenses magnetväljas.

Sellisel juhul ei saa muutuvaks suuruseks olla magnetinduktsioon B, vaid ainult pindala S. See tähendab, et induktsiooni elektromotoorjõud sõltub sellisel juhul ainult pindalast S.

Kui me jagame magnetvoo muutuse voolutugevuse muutusega, siis saame tulemuseks induktsiivsuse L:

$$L = \frac{\Delta \Phi}{\Delta I}$$

Juhi induktiivsus näitab meile seda, et kui suure magnetvoo muutuse tekitab selle juhi korral ühikuline voolu muutus.

Induktiivsuse avaldisest:

$$L = \frac{\Delta \Phi}{\Delta I}$$

saame lihtsasti magnetvälja energiat kirjeldava valemi. Näiteks magnetvoo vahemik defineerub viimase valemi järgi järgmiselt:

$$\Delta \Phi = L \Delta I$$

Sellisel juhul peame arvestama sellega, et tegemist ei ole meil enam induktsiooni elektromotoorjõuga ε_i:

$$-\varepsilon_i \Delta t = L \Delta I$$

vaid endainduktsiooni elektromotoorjõuga ε_e:

$$-\varepsilon_e \Delta t = L \Delta I$$

Juhi induktiivsus L näitab seda, et kui suur endainduktsiooni elektromotoorjõud ε_e tekib selles juhis voolu ühikulisel muutumisel ajaühiku jooksul:

$$\varepsilon_e = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Endainduktsiooni korral on magnetvoo muutus põhjustatud voolu muutusest vaadeldavas juhis endas. Korrutame viimase valemi mõlemad pooled elektrilaenguga q:

$$\varepsilon_e q = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} q$$

Tulemuseks saamegi magnetvälja energiat kirjeldava võrrandi:

$$W_m = LI \frac{I}{2}$$

ehk

$$W_m = \frac{LI^2}{2}$$

Viimane valem kirjeldab vooluga juhtmepooli energiat. Vooluga pooli energiat käsitletakse füüsikas magnetvälja energiana. Valem kirjeldab magnetvälja energiat, mis tekib poolis. See tähendab seda, et kui poolis induktiivsusega L kulgeb vool tugevusega I, siis on poolil energia W_m. Seda nimetatakse ka magnetvälja energiaks,

kuna see energia on põhjustatud magnetvälja olemasolust vooluga poolis.

Faraday induktsiooniseadus tugineb magnetvoo mõistele. Magnetvoo mõiste tuleb kõige paremini esile juhtmelõigu liikumise korral magnetväljas. Näiteks oletame, et sirgjuhtme lõik liigub paremale kiirusega v ja seda magnetväljas magnetinduktsiooniga B. Olgu y nurk v- ja B-vektorite vahel. Sirgjuhtme lõigu pikkuseks olgu l. Kui sirgjuhtme lõik läbib aja Δt jooksul vahemaa Δx, siis tekib kujuteldav raam, mille pindala suureneb:

$$\Delta S = \Delta x * l$$

See tähendab seda, et kujuteldava raami pindala muutub suuremaks juhtmelõigu liikumise tõttu magnetväljas. See põhjustab omakorda magnetvoo suurenemist:

$$\Delta \Phi = \Delta x * l * B * cos\beta$$

Faraday induktsiooniseaduse järgi tekib liikuvas sirgjuhtme lõigus induktsiooni elektromotoorjõud ε_i, mille absoluutväärtus võrdub järgmiselt:

$$|\varepsilon_i| = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{\Delta t} lBcos\beta$$

ehk

$$|\varepsilon_i| = vlBcos\beta$$

Selles olev avaldis:

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = v$$

võrdub kiiruse definitsiooniga klassikalisest mehaanikast. Kui liikuva juhtmelõigu kiirusvektor asetseb raami tasandis, siis seega on see risti raami normaaliga n. Nurk v- ja B-vektorite vahel on y, kuid nurk B- ja n-vektorite vahel on β. Sellest järeldub, et nurgad β ja y on üksteise kaasnurgad:

$$\beta + \gamma = \frac{\pi}{2}$$

Kaasnurkade kohta kehtib matemaatikast tuntud seos:

$$cos\beta = sin\gamma$$

See annab meile induktsiooni elektromotoorjõu absoluutväärtuse kujuks:

$$|\varepsilon_i| = vlBsin\gamma$$

Kui voolu ei oleks ehk $\varepsilon_i = U$, siis viimane avaldis võtab kuju:

$$U = vlBsin\gamma$$

Saadud valem saadakse Lorentzi jõu definitsiooni kasutades. Liikuv sirgjuhtme lõik on vaadeldav kui magnetvälja jõujooni lõikav juhtmelõik. Raami olemasolu või selle puudumine (välja arvatud juhtmelõik ise) ei ole induktsiooninähtuse seisukohalt üldsegi oluline.

Saadud pinge U avaldis:

$$U = vlBsiny$$

näitab voolu puudumise korral juhtmelõigu otstel tekkivat pinget U. Selline valem saadakse ka Lorentzi jõu valemi kaudu. Näiteks kui juhtmelõigu liikumissuund ei

moodusta magnetväljaga mingit nurka y:

$$Bsiny = B_r = B$$

siis seega saame valemi kujuks:

$$U = vlB$$

Viime korrutise l teisele poole võrdusmärki:

$$\frac{U}{l} = vB$$

ja korrutame võrrandi mõlemad pooled elektrilaenguga q. Tulemuseks saame:

$$qvB = q\frac{U}{l} = qE = F_e$$

Viimasest on näha, et esineb tasakaalu tingimus $F_L = F_e$, milles esinebki Lorentzi jõud

$$F_L = qvB$$

(milles sinα = 1) ja elektrijõud

$$F_e = qE$$

Sellisel juhul on magnetjõud ja elektrijõud omavahel tasakaalus.

Kui magnetvoo valemit $\Phi = BS$ jagatakse ajaperioodiga t, siis saadakse elektromagnetilise induktsiooni põhiseaduse ehk Faraday induktsiooniseaduse:

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

See avaldis tähendab, et induktsiooni elektromotoorjõud on võrdeline magnetvoo muutumise kiirusega. Induktsioonivool ja ka vastav elektromotoorjõud ε_i on seda suuremad, mida kiiremini magnetvälja muutus toimub. Üks veeber on selline magnetvoo muutus, mis ühe sekundi jooksul toimudes tekitab induktsiooni elektromotoorjõu üks volt (1 Wb = 1 V * 1 s):

$$\Delta\Phi = -\varepsilon_i\Delta t$$

Magnetvoog Φ näitab, millisel määral läbivad magnetvälja jõujooned vaadeldavat pinda selle pinna suuruse ja asendi tõttu magnetväljas:

$$\Phi = BScos\beta = B_nS = BS$$

Antud juhul on pind B-vektoriga risti: $cos\beta = 1$. Ampere-i seadusest saame magnetinduktsiooni B definitsiooni:

$$B = \frac{F}{Il}$$

mille korral on magnetväli voolu suunaga risti: $sin\alpha = 1$. Selletõttu saame magnetvoo valemis oleva magnetinduktsiooni B avaldada järgmiselt:

$$\Phi = \frac{F}{I}\frac{S}{l}$$

Viimasest avaldisest on näha vektorvälja voo definitsiooni:

$$\Phi(Il) = FS$$

ehk

$$\Phi_F = FS$$

mis sarnaneb magnetvoo definitsiooniga:

$$\Phi = BS$$

Erinevus seisneb ainult selles, et B korral nähtub magnetinduktsiooni voog läbi pinna S, kuid F-i korral nähtub vektorvälja voog läbi pinna S. Võime kasutada kuju:

$$d\vec{S} = \vec{n}dS$$

milles esineb pinnanormaali vektor: $|\vec{n}| = 1$. Selle järgi saame diferentsiaalvõrrandi:

$$d\Phi_F = \vec{F}d\vec{S} = \vec{F}\vec{n}dS = F_n dS$$

mis esineb integraalina järgmiselt:

$$\Phi_F = \iint\limits_S \vec{F}d\vec{S} = \iint\limits_S F_n\, dS$$

Liige F_n on $\vec{F}$-i normaalprojektsioon $\vec{n}$ suunale. Kinnise pinna korral võib integraali esitada järgmiselt:

$$\Phi_F = \oiint\limits_S \vec{F}d\vec{S}$$

Viimasest nähtub kuulus Grauss-Ostrogradski valem:

$$\oiint\limits_S \vec{F}d\vec{S} = \iiint\limits_V div\vec{F}dV$$

Vektorvälja voo avaldises võime arvestada jõu asemel ka väljatugevusega: $\vec{F} \to \vec{E}$. Sellisel juhul esineb vektorvälja voo avaldises:

$$\Phi_E = \oiint\limits_S \vec{E}d\vec{S}$$

E-vektor $\vec{E}$, mitte enam jõuvektor $\vec{F}$. Sellisel juhul võrdub integraalvõrrand konstandiga e:

$$\oiint\limits_S \vec{E}d\vec{S} = const \sum_i e_i = const\ e$$

Konstant e on seotud ka diferentsiaalvõrrandiga:

$$de = \rho dV$$

mille integreerimisel saadakse:

$$e = \iiint \rho(\vec{r})dV$$

See tähendab seda, et konstant e on seotud laengutihedusega ρ. Selle järgi saame vektorvälja voo avaldist integreerida järgmiselt:

$$\oiint_S \vec{E}d\vec{S} = const \iiint \rho dV = \iiint div\vec{E}dV$$

Selles nähtub selge seos:

$$div\vec{E} = const\rho$$

milles konstant võrdub:

$$const = 4\pi$$

Tulemuseks saame Maxwelli neljanda võrrandi, mis on üks neljast põhivõrrandist kogu elektromagnetismi füüsika kirjeldamiseks:

$$div\vec{E} = 4\pi\rho$$

Kuid kuna elektrivälja tugevus $\vec{E}$ on seotud gradiendiga potentsiaalist φ:

$$\vec{E} = -grad\varphi$$

siis võime Maxwelli neljanda võrrandi kirjutada ka kujule:

$$divgrad\varphi = -4\pi\rho$$

ehk Laplace operaatorit kasutades:

$$\Delta\varphi = -4\pi\rho$$

Sellist võrrandit nimetatakse füüsikas Poissoni võrrandiks, mis kehtib elektrilaengute olemasolu korral. Kuid laengute puudumise korral on selle võrrandi kuju järgmine:

$$\Delta\varphi = 0$$

Selline võrrand on harmooniline võrrand.

Poissoni võrrandit (elektrilaengute puudumise korral):

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)\varphi = 0$$

võib kirjutada ka kujule:

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = 0$$

ehk

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = 0$$

kuna sellises avaldises võime arvestada ka ajaliste muutustega. Seda nimetatakse d'Alembert'i operaatoriks, mida võib tähistada järgmiselt:

$$\square\varphi = 0$$

Laplace operaator Δ arvestab ainult ruumiliste muutustega, kuid d'Alembert'i operaator võtab arvesse ka veel ajalise muutuse.

Grauss-Ostrogradski valemis:

$$\oiint_S \vec{F} d\vec{s} = \iiint_V div\vec{F} dV$$

on näha kolmekordset integraali, mille korral on tegemist ruumi elemendiga. Seda laadi valemeid nimetatakse ruumintegraalideks, kuid pindintegraalide korral on tegemist kahekordsete integraalidega:

$$\iint \vec{F} d\vec{S}$$

Pindintegraali korral kasutatakse samuti kolme komponenti:

$$F_x(x, y, z)$$

$$F_y(x, y, z)$$

$$F_z(x, y, z)$$

kuid z-koordinaadi korral esitatakse see järgmiselt:

$$z = z(x, y)$$

Seetõttu võime kirjutada:

$$F_x(x, y, z) = F_x(x, y, z(x, y))$$

Kuna pinnaelement võib avalduda diferentsiaalvõrrandina:

$$d\vec{S} = \left(-\frac{\partial z}{\partial x}\vec{\imath} - \frac{\partial z}{\partial y}\vec{\jmath} + \vec{k}\right) dxdy$$

siis seega saame pindintegraaliks:

$$\iint_L \left[F_x\left(-\frac{\partial z}{\partial x}\right) + F_y\left(-\frac{\partial z}{\partial y}\right) + F_z\right] dxdy$$

Siinkohal võib tekkida küsimus, et kuidas saadakse diferentsiaalvõrrand:

$$d\vec{S} = \left(-\frac{\partial z}{\partial x}\vec{\imath} - \frac{\partial z}{\partial y}\vec{\jmath} + \frac{\partial z}{\partial z}\vec{k}\right) dxdy$$

milles $\frac{\partial z}{\partial z}$ välja taandub:

$$d\vec{S} = \left(-\frac{\partial z}{\partial x}\vec{\imath} - \frac{\partial z}{\partial y}\vec{\jmath} + \vec{k}\right) dxdy$$

Näitame seda lühidalt järgmiselt. Sulgudes olev avaldis sisaldab nablat ehk vektor-operaatorit:

$$\vec{\nabla} = \frac{\partial}{\partial x}\vec{\imath} + \frac{\partial}{\partial y}\vec{\jmath} + \frac{\partial}{\partial z}\vec{k} = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}\right)$$

mitte otseselt divergentsi:

$$div\vec{F} = \frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y} + \frac{\partial F_z}{\partial z}$$

ehk

$$div\vec{F} = \vec{\nabla} * \vec{F} = grad * \vec{F}$$

Operaator on eeskiri, mille kaudu saadakse ühest funktsioonist teise funktsiooni. Vektorvälja divergents näitab vektorvälja allikat ehk vektorvälja muutumist ruumis. Nablat kasutatakse peale divergentsi ka veel skalaarvälja gradiendis (gradf), mis kirjeldab samuti välja muutumist ruumis, mitte ajas. Gradient on suunatud välja kasvamise suunas. Kusjuures vektorvälja voog on samuti skalaarne suurus. Eespool me nägime, et pindintegraal on seotud kahekordse integraaliga:

$$\iint \vec{F} d\vec{S}$$

See sisaldab kolme komponenti (x, y, z), milles kolmas komponent avaldub kahe esimese kaudu: $z = z(x, y)$. Kui me nüüd võtame gradiendi z-koordinaadist:

$$\vec{\nabla} z = gradz = \frac{\partial z}{\partial x}\vec{\imath} + \frac{\partial z}{\partial y}\vec{\jmath} + \frac{\partial z}{\partial z}\vec{k} = \frac{\partial z}{\partial x}\vec{\imath} + \frac{\partial z}{\partial y}\vec{\jmath} + \vec{k}$$

ja diferentseerime seda omakorda dx ning dy kaudu, siis saamegi diferentsiaalvõrrandi:

$$d\vec{S} = \left(\frac{\partial z}{\partial x}\vec{\imath} + \frac{\partial z}{\partial y}\vec{\jmath} + \vec{k}\right) dxdy$$

ehk

$$d\vec{S} = \left(-\frac{\partial z}{\partial x}\vec{\imath} - \frac{\partial z}{\partial y}\vec{\jmath} + \vec{k}\right) dxdy$$

mis on vajalik pindintegraali defineerimiseks:

$$\iint_L \left[F_x\left(-\frac{\partial z}{\partial x}\right) + F_y\left(-\frac{\partial z}{\partial y}\right) + F_z\right] dxdy$$

Sulgudes olevas nablas ehk vektor-operaatoris on mõned liikmed esitatud negatiivsetena:

$$-\frac{\partial}{\partial x}\vec{\imath} - \frac{\partial}{\partial y}\vec{\jmath} + \frac{\partial}{\partial z}\vec{k}$$

Selle matemaatilist tulenemist näitame lühidalt järgmiselt. Vektor-operaatoris nabla $\vec{\nabla}$:

$$\vec{\nabla} = \frac{\partial}{\partial x}\vec{\imath} + \frac{\partial}{\partial y}\vec{\jmath} + \frac{\partial}{\partial z}\vec{k}$$

viime kaks liiget teisele poole võrdusmärki:

$$\vec{\nabla} - \frac{\partial}{\partial x}\vec{\imath} - \frac{\partial}{\partial y}\vec{\jmath} = \frac{\partial}{\partial z}\vec{k}$$

Tulemuseks saame:

$$-\frac{\partial}{\partial x}\vec{\imath} - \frac{\partial}{\partial y}\vec{\jmath} + \vec{\nabla} = \frac{\partial}{\partial z}\vec{k}$$

Kui me nüüd saadud avaldises avaldame nabla $\vec{\nabla}$:

$$-\frac{\partial}{\partial x}\vec{\imath} - \frac{\partial}{\partial y}\vec{\jmath} + \frac{\partial}{\partial x}\vec{\imath} + \frac{\partial}{\partial y}\vec{\jmath} + \frac{\partial}{\partial z}\vec{k} = \frac{\partial}{\partial z}\vec{k}$$

siis me näeme, et saame lõpuks võrrandi kuju ümber kirjutada järgmiselt:

$$-\frac{\partial}{\partial x}\vec{\imath}-\frac{\partial}{\partial y}\vec{\jmath}+\frac{\partial}{\partial z}\vec{k}=-\frac{\partial}{\partial x}\vec{\imath}-\frac{\partial}{\partial y}\vec{\jmath}+\frac{\partial}{\partial z}\vec{k}$$

ehk

$$-\frac{\partial}{\partial x}\vec{\imath}-\frac{\partial}{\partial y}\vec{\jmath}+\frac{\partial}{\partial z}\vec{k}$$

Eelnevalt oli tegelikult näha ka seda, et võrranditest oleks saanud ka sellise võrduse:

$$\frac{\partial}{\partial z}\vec{k}=\frac{\partial}{\partial z}\vec{k}$$

kuid sellise võrdusega ei ole pindintegraali avaldises mitte midagi teha.

Vektor-operaatoris nabla $\vec{\nabla}$ peame arvestama miinus-märkidega, kuna see väljendab välja suunda ruumis. Näiteks elektrivälja tugevuse võrrandis:

$$\vec{E}_T=-grad\varphi$$

väljendab miinus-märk samuti välja suunda ruumis. Kui aga näiteks homogeenne magnetväli oleks z-telje sihiline:

$$\vec{B}=(0,0,B)$$

siis selle rootori komponendid avalduksid järgmiselt:

$$rot_x\vec{A}=\frac{\partial}{\partial y}A_z-\frac{\partial A_y}{\partial z}=0$$

$$rot_y\vec{A}=\frac{\partial}{\partial z}A_x-\frac{\partial A_z}{\partial x}=0$$

$$rot_z\vec{A}=\frac{\partial}{\partial z}A_y-\frac{\partial A_x}{\partial y}=B-0=B$$

Sellest tulenevalt on z-telje sihilise homogeense magnetvälja vektorpotentsiaalid järgmised:

$$\vec{A}=(0,B_x,0)$$

$$\vec{A}=(-B_y,0,0)$$

$$\vec{A}=\left(-\frac{B_y}{2},\frac{B_x}{2},0\right)$$

Eelnevalt me nägime, kuidas magnetvoo avaldisest „nähtub“ pindintegraali definitsioon. Kuid peale selle saab ära näidata ka joonintegraali „tuletamise“. Näiteks eespool esitatud magnetvoo võrrandis:

$$\Phi=\frac{F}{I}\frac{S}{l}$$

võib pindala S avalduda pikkuse ruuduna: $S = l^2$, mis annab meile valemi kujuks:

$$\Phi = \frac{Fl}{I}$$

ehk

$$\Phi(I) = Fl$$

Selles ongi näha ühemõõtmelist integraali ehk joonintegraali avaldist, kui me esitame seda diferentsiaalvõrrandina:

$$W = \int \vec{F}\, d\vec{l} = \int \vec{F}\,(x,y,z) d\vec{l} = \int \vec{F}_L\, dl$$

Selles on

$$dl = \sqrt{dx^2+dy^2+dz^2}$$

Kinnise joone puhul avaldub joonintegraal järgmiselt:

$$W_L = \oint_L \vec{F} d\vec{l}$$

Seda nimetatakse füüsikas ka vektorvälja tsirkulatsiooniks. Kui tsirkulatsioon on nullist erinev, siis väli on pööriseline. Kui S on sile pind, mille raja jooneks on kõver L ja $\vec{F}$ on diferentseeruv pinnal S, siis saame füüsikas laialt kasutatava Stokes'i teoreemi:

$$\oint_L \vec{F} d\vec{l} = \oiint_S rot\vec{F}\, d\vec{S}$$

Vektorvälja $\vec{F}$ nimetatakse potentsiaalseks piirkonnas D, kui selle igas punktis $rot\vec{F} = 0$. Kuid vektorvälja $\vec{F}$ nimetatakse solenoidaalseks siis, kui selle piirkonna D igas punktis $div\vec{F} = 0$. Sellisel juhul on tegemist allika vaba väljaga.

2.2.18.12.4 Diferentsiaaloperaatorid

Võrrandites olev liige $-\frac{\partial}{\partial r}$ on avaldatav ka negatiivse grad-na ehk

$$-\left(i\frac{\partial}{\partial x} + j\frac{\partial}{\partial y} + k\frac{\partial}{\partial z}\right),$$

mida tähistatakse nablana ∇. See on sellepärast nii, et liige $-\frac{\partial}{\partial r}$ on vektor, mille komponendid on

$$\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \; ja \; \frac{\partial}{\partial z}$$

ja seetõttu võib avaldist

$$E_r = -\frac{\partial \varphi}{\partial r}$$

avaldada skalaari φ gradiendina järgmiselt:

$$E = -grad\varphi$$

ehk

$$E = -\left(i\frac{\partial\varphi}{\partial x} + j\frac{\partial\varphi}{\partial y} + k\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)$$

ehk

$$E = -\nabla\varphi\,,$$

milles ∇ on nabla. See tähendab seda, et elektrivälja tugevus E on võrdne vastandmärgilise potentsiaaligradiendiga. Nabla- ehk Hamiltoni operaator ∇ on vektoriline diferentsiaaloperaator. See on vektor, mille komponendid on

$$\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \;ja\; \frac{\partial}{\partial z}$$

ja seega saadaksegi nablaks:

$$\nabla = i\frac{\partial}{\partial x} + j\frac{\partial}{\partial y} + k\frac{\partial}{\partial z}\,.$$

Üksinda sellel vektoril tähendust ei ole, vaid see omandab füüsikalise mõtte ainult siis kui korrutada see nabla skalaar- või vektorfunktsiooniga. Näiteks funktsiooni gradiendi saame siis kui korrutada vektor ∇ skalaariga φ, tulemuseks on vektor:

$$\nabla\varphi = i\frac{\partial\varphi}{\partial x} + j\frac{\partial\varphi}{\partial y} + k\frac{\partial\varphi}{\partial z}\,,$$

milles elektrivälja potentsiaal φ avaldub järgmise funktsioonina:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}$$

Välja potentsiaali kirjeldatakse diferentsiaalvõrrandiga, milleks ongi gradient ehk grad. Gradienti tähistatakse sümboliga, mida nimetataksegi nablaks:

$$\nabla\varphi = grad\varphi$$

Kuid vektori A divergentsi saame siis kui korrutada vektor ∇ skalaarselt vektoriga A, tulemuseks on skalaar:

$$\nabla A = \nabla_x A_x + \nabla_y A_y + \nabla_z A_z = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z}\,.$$

Vektori rotA ühe komponendi (x) saame siis kui korrutada ∇ vektoriga A vektoriliselt, tulemuseks on vektor, mille üheks komponendiks on näiteks järgmine avaldis:

$$(\nabla A)_x = \nabla_y A_z - \nabla_z A_y = \frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z}\,.$$

∇ on diferentsiaaloperaator. Vektorfunktsioon on mingisuguse funktsiooni φ gradient. Näiteks:

$$divgrad\varphi = \nabla(\nabla\varphi) = (\nabla\nabla\varphi) = \left(\nabla_x{}^2 + \nabla_y{}^2 + \nabla_z{}^2\right)\varphi = \frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} = \triangle\,\varphi\,,$$

milles △ on Laplace´i operaator. Vastavalt sellele kirjeldataksegi kogu elektrivälja Poissoni võrrandi

kaudu:

$$\Delta\varphi = -4\pi\rho \quad \text{ehk} \quad \text{divgrad}\varphi = -4\pi\rho,$$

milles $\text{div}\vec{E} = 4\pi\rho$ ja $\vec{E} = -\text{grad}\varphi$. Elektrivälja (s.t. elektrostaatilise välja) tsirkulatsioon on null mistahes kontuuri korral:

$$\oint E_r\, dr = 0.$$

Viimane valem kehtib ainult elektrostaatilise välja jaoks ja on ka kooskõlas järgmise matemaatilise avaldisega:

$$rotgrad\varphi = (\nabla, \nabla\varphi) = (\nabla\nabla)\varphi = 0.$$

Viimane avaldis tähendab seda, et vektori vektorkorrutis iseendaga on null.

2.2.18.13 Kvantväljateooria

Osakese olekut kirjeldab kvantmehaanikas lainefunktsioon Ψ. Sellest lainefunktsioonist peab kätte saama kogu informatsiooni mingite matemaatiliste operatsioonidega. Nende matemaatiliste operatsioonide aluseks on operaatorid, mis teisendavad ühtesid funktsioone teisteks. Operaatorid kuuluvad kvantmehaanika põhimõistete hulka ja seetõttu ei saa ilma nendeta mõista kvantmehaanika formalismist ega ka füüsikalisest sisust. Operaator on matemaatikas eeskiri, mille abil on võimalik saada mingist funktsioonist teise funktsiooni. Kvantmehaanikas on vaja ainult arvuga korrutamise operaatoreid ja diferentseerimisoperaatoreid. Operaatorid, mida kasutatakse kvantmehaanikas, on enamasti lineaarsed. Operaatorite korrutamine tähendab nende järjestikust rakendamist ja seetõttu on korrutises operaatorite järjekord üldiselt oluline. Tulemus ei sõltu operaatorite rakendamise järjekorrast siis, kui operaatorid omavahel kommuteeruvad. Operaatorite rakendamise järjekord on oluline omavahel mittekommuteeruvate operaatorite korral. Tuleb kindlasti märkida ka seda, et operaatorid mõjuvad alati funktsioonidele.

Kvantmehaanikas vastab igale füüsikalisele suurusele (energia, impulss vms) mingi kindel operaator. Füüsikaliste suuruste operaatorite saamiseks on enamasti vaja teada ainult koordinaadi ja impulsi operaatoreid. Koordinaadi operaatorid (ristkoordinaatides) on vastavad koordinaadid ise. Need on arvuga korrutamise operaatorid. Kuid impulssi operaatori korral on tegemist juba arvuga korrutamise operaatori ja diferentseerimisoperaatori korrutisega. Igale füüsikalisele suurusele vastab mingi kindel operaator ja operaatori omaväärtused annavad selle füüsikalise suuruse mõõdetavad väärtused. Füüsikaliste operaatorite omaväärtused peavad olema reaalarvulised, mitte imaginaarsed, sest kõik füüsikaliselt mõõdetavad suurused on reaalarvulised. Kuid kvantmehaanikas leiduvad ka selliseid lineaarse operaatori omaväärtused, mis ei ole reaalsed. Hermiitilise operaatori korral on kaasoperaator võrdne selle operaatori endaga. Füüsikaliste suuruste operaatorid peavad kvantmehaanikas olema hermiitilised, mille korral on selle omaväätused reaalsed.

Kvantväljateoorias minnakse üle klassikaliselt väljalt kvantiseeritud väljale. Seda nimetatakse välja kvantiseerimiseks. Sellisel juhul loetakse väljapotentsiaal operaatoriks, mis mõjub mingisugusele väljafunktsioonile ϕ. Näiteks vaakumile vastab teatud väljafunktsioon ϕ_0 . Vastavalt väljaoperaatorite vahel kvantiseeritakse väljapotentsiaalid. Väljaoperaatorid võivad olla üldistatud koordinaadid ja nendele vastavad üldistatud impulssid. Niimoodi postuleeritakse kommutatsiooni-eeskirjad. Operaatorite kommutaator võrdub arvuga, mitte enam operaatoriga. Niinimetatud

„teistkordne välja kvantiseerimine“ seisneb selles, et välja kvantiseerides muudetakse olekufunktsioonid, mis kirjeldavad pidevaid väljasid, omakorda operaatoriteks. Skalaarne olekufunktsioon kirjeldab osakesi spinniga 0.

Klassikalisest elektrodünaamikast tuntud elektromagnetvälja potentsiaal on neljamõõtmeline vektorpotentsiaal $A_\mu(x)$, mis rahuldab Maxwelli võrrandeid.

Elektron-positronvälja teoorias postuleeritakse seda, et väljapotentsiaali komponendid, mis vastavad osakestele, rahuldavad samasuguseid võrrandeid, mis osakeste lainefunktsioonid. Näiteks relativistliku elektroni korral on see selleks Diraci võrrand. Elektron-positronvälja operaatorite vahel kehtivad antikommutatsiooniseosed, mitte kommutatsiooniseosed. Sellest hoolimata nimetatakse antikommutatsiooniseoseid üldjuhul sageli ka kommutatsiooniseosteks.

Pauli keeluprintsiip seisneb kvantfüüsikas selles, et väljas saab olla ainult üks ühesuguse impulsi ja polarisatsiooniga elektrone. See viib Fermi-Diraci statistikale. Pauli keeld tuleb välja ka välja kvantiseerimisest antikommutaatoritega. Välja ei saa kvantiseerida antikommutatsioonireegli rakendamisel poolearvulise spinniga osakestega, sest siis ilmneb vastuolu Pauli keeluga. Kui aga kvantiseerida kommutaatoritega täisarvulise spinniga osakeste korral, siis ei teki Pauli keeldu ja seetõttu ei minda sellega vastuollu. Sellised osakesed alluvad Bose-Einsteini statistikale.

Pärast pikki matemaatilisi tehteid ja teisendusi saadakse operaatorid c ja c*, mida on võimalik tõlgendada kui vastavate kvantide (s.t. footonite) tekke- ja kao-operaatorid. Peab mainima ka seda, et ka väljaoperaatorite A kommutaatorid on tavalised funktsioonid, mitte enam operaatorid.

Võrranditest tuleb välja ka see, et elektron-positronvälja antikommutaatorid on tegelikult tavalised funktsioonid. Pärast matemaatilisi tehteid ja teisendusi saadakse operaatorid, mis kirjeldab elektroni tekkimist (vastava polarisatsiooni ja impulsiga) ehk elektroni tekkeoperaatorit, elektroni kao-operaatorit, positroni tekkeoperaatorit ja positroni kao-operaatorit.

Elektron-positronvälja ja elektromagnetvälja omavahelise interaktsiooni käigus läheb energia ühelt väljalt teisele vastavate kvantide tekke ja kaoga. Väljades toimuvad selle interaktsiooni toimel muutused. Interaktsioon toimub siis, kui eri väljades langevad kokku kvantide aegruumi punktid ehk kvantide (s.t. osakeste) kokkusaamisel. Interaktsiooni tugevuse määrab ära elektroni laeng e.

Kvantsüsteemi energiat kirjeldab hamiltoniaan H. Schrödingeri võrrand on kvantmehaanika põhivõrrand. Selle järgi kirjeldab hamiltoniaan kvantsüsteemi ajalist arengut. Schrödingeri esituses antud olekufunktsioonide korral kirjeldab lainefunktsiooni Schrödingeri võrrand. Kuid Heisenbergi esituses on olekufunktsioonid ajas muutumatud, kuid ajalist arengut kirjeldavad operaatorid. See on tegelikult sisuliselt sama mis Schrödingeri esitus. Kvantväljateoorias aga kasutatakse interaktsiooni-esitust, mille korral sõltub olekufunktsiooni ajaline areng ainult interaktsioonihamiltoniaanist, mitte vabade väljade hamiltoniaanist. Hamiltoniaan ise koosneb vabade väljade hamiltoniaanist ja interaktsioonihamiltoniaanist. Väljavektor sisaldab elektron-positron- ja elektromagnetvälja. Väljavektori muutust kirjeldatakse mingisuguse operaatoriga S, mida kujutatakse ka maatriksvõrrandina. Seda nimetatakse hajumise maatriksiks ehk S-maatriksiks. Erinevaid kvantolekuid erinevates ajahetkedes seob S-maatriksi mingi element. Vastava kvantoleku ülemineku tõenäosust saab välja arvutada siis, kui on teada vastava maatrikselemendi väärtust.

Kronoloogilise korrutise korral järjestatakse kõik väljaoperaatorid aja kahanemise järjekorras. Kuid kvantelektrodünaamikas kasutatakse hoopis normaaljärjestust, mille korral paigutatakse kõik tekkeoperaatorid kao-operaatoritest vasakule. Nii võrdub vaakumi energia ja impulss nulliga.

Vaakumi polarisatsioon seisneb kvantväljateooria järgi selles, et elektroni laeng tekitab enda ümbritsevas ruumis ehk vaakumis virtuaalsete osakeste toimel intensiivseid protsesse. Elektroni negatiivse laengu ümbritsevas ruumis organiseeruvad positiivsed laengud üldiselt elektronile lähemale, kuid negatiivsed laengud aga kaugemale.

Kvantväljateooria järgi on kogu Universumi vaakum täis virtuaalseid osakesi ja seetõttu on vaakum tegelikult lõpmata kõrge energiatihedusega. Kuid renormeerimise tulemusena võime selle vaakumi energiatiheduse lugeda ikkagi praktiliselt nulliks, sest selline energianivoo, mis täidab ühtlaselt kogu meie Universumi ruumi, ei ole tegelikult niikuinii mingil moel avalduv ega mõõdetav. 0 väärtuse võime lugeda mistahes kohta energiaskaalal.

Elektromagnetlaine (näiteks valguslaine) ei ole tegelikult pidev, vaid see liigub ruumis „portsjonite“ ehk kvantide kaupa. Vastavalt kvantelektrodünaamika ehk kvantväljateooria seaduste

järgi võib elektromagnetvälja vaadelda ka kui virtuaalsete footonite kogumina või nende voona. Elektriliselt laetud osakeste omavaheline vastastikmõju ehk interaktsioon seisneb tegelikult selles, et üks osake neelab ühe footonist, mille kiirgas esimene. See tähendab seda, et laetud osakesed vahetavad omavahel footoneid. Iga laetud osake tekitab enda ümber välja, mis tegelikult reaalselt seisneb footonite kiirgamises ja neelamises. Need footonid pole aga reaalsed, vaid neid mõistetakse virtuaalsetena. Neid virtuaalseid osakesi pole võimalik avastada nende eksisteerimise ajal. See teebki need virtuaalseteks. Tavaliselt on footoni ja mingi laetud osakese summaarne energia suurem kui paigaloleval laetud osakesel (footonil endal laengut ei ole). See aga rikub energia jäävuse seadust. Kuid kui laetud osakese poolt kiiratud footon neelatakse sama või mõne teise laetud osakese poolt enne ajavahemiku

$$\Delta t = h/\Delta E$$

möödumist, siis ei ole võimalik avastada energia jäävuse seaduse rikkumist. ΔE näitab energia kõrvalekallet impulsiga määratud väärtusest

$$E^2 = p^2c^2 + m^2c^4.$$

Reaalne footon, mis võib kiirguda näiteks kahe laetud osakese põrkel, võib eksisteerida aga piiramatult kaua. Kahe ruumipunkti vahel, mille vahekaugus on

$$l = c\Delta t,$$

on virtuaalsel footonil võimalik anda vastastikmõju ja seda siis Δt jooksul. Elektromagnetjõudude mõjuraadius võib olla mistahes suur, sest footoni energia

$$E = hf = mc^2$$

saab olla ükskõik kui väike. Valguse osakesi ehk footoneid kirjeldabki kvandienergia võrrand $E = hf = mc^2$, kus f on laine sagedus ja h on Plancki konstant väärtusega

$$h = 6{,}62 * 10^{-34}\ \text{Js}.$$

Välja vahendavad osakesed ei ole reaalsed, vaid on virtuaalsed, sest nad kannavad edasi energiat ja impulssi sõltumatult. Elektron võib kanda energiat, mis on väiksem tema seisumassist. Impulss, mida kantakse parajasti üle, ei pruugi olla suunatud tekkepunktist neeldumispunkti. Virtuaalne footon võib omada ka pikipolarisatsiooni komponenti. Sellepärast ongi need osakesed ebareaalsed ja seetõttu kutsutakse neid virtuaalseteks osakesteks. Nende olemasolu ei ole võimalik katseliselt tõestada.

Kvantmehaanikas ei olegi tegelikult kirjeldatud footoni kui osakese mõõtmeid, vaid selle asemel kirjeldab osakeste liikumist ajas ja ruumis lainefunktsioon. Kvantmehaanika üks põhivõrrandeid

$$\lambda=h/p$$

ehk

$$\lambda=h/mv$$

näitab ära samaaegselt footoni nii leiulaine pikkuse kui ka valguslaine ehk elektromagnetlaine pikkuse. See tähendab füüsikaliselt seda, et footoni leiulaineks ongi tegelikult valguslaine ehk elektromagnetlaine. De Broglie´ valem $\lambda=h/mv=h/p$ seob osakeste laineomadusi (λ) ja korpuskulaaromadusi (m, v, p).

Footoni ja valguslaine omavaheline seos on analoogiline kvantmehaanikas tuntud lainefunktsiooni ja tema poolt kirjeldatava osakese seosega. Näiteks tõenäosuse, millega footon satub mingisse ruumipunkti, määrab ära valguslaine amplituudi ruut sarnaselt nii nagu valguse intensiivsust mõõdab valguslaine elektrivektori ruudu keskväärtus. Täpselt samamoodi annab ka

lainefunktsiooni mooduli ruut füüsikaliselt tõenäosuse ruumalaühiku kohta ehk tõenäosustiheduse mistahes osakese asumiseks vastavas ruumiosas. Statsionaarsete olekute korral on lainefunktsiooni kuju määratud nii, et osakese tõenäosustihedus ei sõltu enam ajast. Lainefunktsioon ja selle mooduli ruut on matemaatiliselt kompleksed suurused. See tähendab seda, et tõenäosus võib väljenduda ainult reaalarvuna. Kõik eelnev tähendab sisuliselt seda, et kvantmehaanika ei võimalda määrata osakese täpset asukohta ruumis ega tema liikumistrajektoori, vaid on võimalik ainult ennustada, millise tõenäosusega leiame osakese mingis ruumipunktis. Seega on kvantmehaanikal statistiline iseloom.

Näiteks elektroni asukoha määramatus on vesiniku aatomis peaaegu võrdne aatomi raadiusega. Seetõttu ei saa elektroni vaadata kui kindlat trajektoori mööda liikuva osakesena, vaid pigem vesiniku tuuma ümber oleva elektronpilvena.

Kvantmehaanika ei anna tegelikult infot footoni kui osakese suuruse kohta midagi, vaid ennustab seda, et millises ruumipunktis ja ajahetkes me osakest leida võime. See tähendab seda, et osakese suuruse ja aegruumi täpse asukoha asemel on tegelikult tõenäosusväli, mida kirjeldabki tuntud lainefunktsioon.

Valguse ehk footoni leiulaineks

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

on valguslaine ehk elektromagnetlaine. Osakeste leiutõenäosust määravaid laineid nimetatakse lühidalt leiulaineteks. Laineid kirjeldavat funktsiooni ehk tõenäosuslainete konkreetset kuju ruumis ja ajalist muutumist kirjeldavat matemaatilist avaldist nimetatakse lainefunktsiooniks.

Lainefunktsiooni mooduli ruut annab füüsikaliselt tõenäosuse ruumalaühiku kohta ehk tõenäosustiheduse mistahes osakese asumiseks vastavas ruumiosas. Statsionaarsete olekute korral on lainefunktsiooni kuju määratud nii, et tõenäosustihedus ei sõltu enam ajast. Lainefunktsioon ja selle mooduli ruut on matemaatiliselt kompleksed suurused. See tähendab seda, et tõenäosus võib väljenduda ainult reaalarvuna.

2.2.18.13.1 Matemaatiline analüüs

Maxwelli võrrandite võrdusi tuletatakse kvantelektrodünaamikas elektromagnetvälja lagranži-aanist L:

$$L = -\frac{1}{4} F_{\mu v} F_{\mu v}$$

ja nende võrduste üldlahend on:

$$A_\mu(\vec{k}, x) = c_\mu(\vec{k}) e^{ikx} + c^*{}_\mu(\vec{k}) e^{-ikx}$$

Korrutis kx tähistab neljamõõtmelist skalaarkorrutist:

$$kx = \vec{k}\vec{r} + \omega_k x_4$$

ja võimalikke polarisatsiooniolekuid nummerdab indeks μ. A, c ja c^* muutuvad kvantiseerimisel operaatoriteks. Üldlahend peab olema samuti kooskõlas postuleeritud kommutatsioonireeglitega:

$$[c, c] = [c^*, c^*] = 0$$

$$\left[c_{\mu}(\vec{k}), c^{*}{}_{v}(\overrightarrow{k})\right] = \delta_{\mu v}\delta(\vec{k} - \overrightarrow{k})$$

Siin tõlgendatakse operaatoreid c ja c^{*} vastavalt kvantide ehk footonite tekke- ja kao-operaatoritena. Energiavälja operaatorite A kommutaatorid on nüüd tavalised funktsioonid, mitte enam operaatorid. See tuleneb kommutatsioonireeglitest.

Kvantsüsteemi energiat kirjeldab hamiltoniaan H:

$$\widehat{H} = -\frac{h^2}{2M}\Delta + U(\vec{r})$$

Schrödingeri võrrand on kvantmehaanika põhivõrrand. Selle järgi kirjeldab hamiltoniaan kvantsüsteemi ajalist arengut. Schrödingeri esituses antud olekufunktsioonide korral kirjeldab lainefunktsiooni Schrödingeri võrrand:

$$ih\frac{\partial\psi(\vec{r},t)}{\partial t} = -\frac{h^2}{2M}\left(\frac{\partial^2\psi(\vec{r},t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi(\vec{r},t)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\psi(\vec{r},t)}{\partial z^2}\right) + U(\vec{r},t)\psi(\vec{r},t)$$

Kuid Heisenbergi esituses on olekufunktsioonid ajas muutumatud, kuid ajalist arengut kirjeldavad operaatorid. See on tegelikult sisuliselt sama mis Schrödingeri esitus. Kvantelektrodünaamikas ehk KED-is sõltub oleku areng ainult interaktsioonihamiltoniaanist:

$$i\frac{\partial\Phi}{\partial t} = H'\Phi$$

mitte enam vabade väljade hamiltoniaanist. Sellist esitust nimetatakse „interaktsiooniesituseks“. Hamiltoniaan ise koosneb vabade väljade hamiltoniaanist ja interaktsioonihamiltoniaanist. Välja-vektoriks ongi Φ, mis sisaldab küll kõiki väljasid, kuid eelkõige siiski elektron-positron- ja elektromagnetvälja. Interaktsiooni tõttu muutub Φ olekust $\Phi(0)$ ajahetkel t = 0 olekusse Φ(t) ajahetkel t. Sellist muutust kirjeldatakse operaatoriga S, mis väljendatakse maatriksina:

$$\big(\Phi(t)\big) = (S(t,0)(\Phi(0))$$

Tegemist on hajumise maatriksiga ehk S-maatriksiga, mis saksa keeles nimetatakse „Streuung“-iks. Operaator S viib kõikvõimalike olekute vektori $\Phi(0)$ uueks kõikvõimalike olekute vektoriks Φ(t). Erinevaid kvantolekuid erinevates ajahetkedes seob S-maatriksi mingi element. Vastava kvantoleku ülemineku tõenäosust saab välja arvutada siis, kui on teada vastava maatrikselemendi väärtust. Kui me viime S-maatriksi interaktsioonihamiltoniaani valemisse, siis saame tulemuseks:

$$i\frac{\partial S}{\partial t}\Phi(0) = H'S\Phi(0)$$

ehk

$$i\frac{\partial S}{\partial t} = H'S$$

Kuna seosekonstant e on ühest väiksem arv:

$$e = \sqrt{\alpha} << 1$$

milles

$$\alpha = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 hc} \approx \frac{1}{137}$$

siis seega arendatakse S-maatriks seosekonstandi e astmete järgi ritta:

$$S(t,t_0)=\sum_{k=0}^{\infty}S_k(t,t_0)$$

Kõige esimene „lähendus“ oleks S_0, kuna selle tõenäosus on kõige suurem. See tähendab, et reaktsiooni ei toimu. Seetõttu $S_0=1$. Teised liikmed on „suurusjärgult“ vastavalt e^k korda väiksemad. Niisamuti ka H’ on e järku väike. Valemis:

$$i\frac{\partial S}{\partial t}=H'S$$

esinevate vastavat järku liikmete võrdsustumise korral saadakse:

$$i\frac{\partial S_k}{\partial t}=H'S_{k-1}$$

mille integreerimine annab tulemuseks:

$$S_k(t,t_0)=i\int_{t_0}^{t}H'(\tau)S_{k-1}(\tau,t_0)d\tau$$

Antud juhul saame liikmeid vaadata järjest, mille korral tähistatakse integreerimismuutujaid järjekorras $t_1,t_2,\dots$:

$$S_k(t,t_0)=(-i)^k\int_{t_0}^{t}dt_1\int_{t_0}^{t_1}dt_2\dots\int_{t_0}^{t_{k-1}}dt_k\,H'(t_1)H'(t_2)\dots H'(t_k)$$

Järjestatud on integreerimismuutujate väärtused:

$$t\geq t_1\geq t_2\geq\cdots\geq t_k$$

H’-d on H’-de korrutises järjestatud „kronoloogiliseks korrutiseks“. Integreerimisruumala suureneks k! korda, kui integraalide ülemised rajad ühtlustada:

$$S_k(t,t_0)=\frac{(-i)^k}{k!}\int_{t_0}^{t}dt_1\int_{t_0}^{t}dt_2\dots\int_{t_0}^{t}dt_k\,T(H'(t_1)H'(t_2)\dots H'(t_k))$$

Viimases tähistab T kronoloogilist korrutist ja see tähendab seda, et korrutises kehtib kronoloogiline järjekord. Kronoloogilise korrutise korral:

$$S_k(t,t_0)=\frac{(-i)^k}{k!}\int_{t_0}^{t}dt_1\int_{t_0}^{t}dt_2\dots\int_{t_0}^{t}dt_k\,T(H`(t_1)H`(t_2)\dots H`(t_k))$$

järjestatakse kõik väljaoperaatorid aja kahanemise järjekorras:

$$t\geq t_1\geq t_2\geq\cdots\geq t_k$$

Elektron-positronvälja ja elektromagnetvälja omavahelise interaktsiooni käigus läheb energia ühelt väljalt teisele vastavate kvantide tekke ja kaoga. Väljades toimuvad selle interaktsiooni toimel muutused. Interaktsioon toimub siis, kui eri väljades langevad kokku kvantide aegruumi punktid ehk kvantide (s.t. osakeste) kokkusaamisel. Interaktsiooni tugevuse määrab ära elektroni laeng e. Kvantelektrodünaamikas arvestatakse elektron-positronvälja lagranžiaaniga:

$$L = -\frac{1}{2}\left(\bar{\psi} y_v \frac{\partial \psi}{\partial x_v} - \frac{\partial \bar{\psi}}{\partial x_v} y_v \psi\right) - m\bar{\psi}\psi$$

ja elektromagnetvälja lagranžiaaniga:

$$L = -\frac{1}{4} F_{\mu v} F_{\mu v}$$

Peale nende kahe arvestatakse ka „interaktsioonilagranžiaaniga“:

$$L = L_{e-m} + L_{e-p} + L'$$

mille kuju on:

$$L` = e\bar{\psi} y_\mu \psi A_\mu$$

Selles nimetatakse „vooluks“:

$$j_\mu = \bar{\psi} y_\mu \psi$$

Interaktsioonihamiltoniaani valemit kasutades:

$$S(t, t_0) = \sum_{k=0}^{\infty} S_k(t, t_0)$$

saame interaktsioonilagranžiaani arvutada järgmiselt:

$$H' = \frac{\partial L'}{\partial \frac{\partial u_A}{\partial x_0}} \frac{\partial u_A}{\partial x_0} - L'$$

milles

$$u_A = \bar{\psi}, \psi, A_\mu$$

Kuid võrrand võtab siiski sellise kuju:

$$H' = -L'$$

kuna L’ ei sisalda tuletisi. Interaktsioonihamiltoniaani valemi:

$$H' = -L'$$

ja interaktsioonilagranžiaani valemi:

$$L` = e\bar{\psi} y_\mu \psi A_\mu$$

asetamise korral S-maatriksisse:

$$S_k(t, t_0) = \frac{(-i)^k}{k!} \int_{t_0}^{t} dt_1 \int_{t_0}^{t} dt_2 \dots \int_{t_0}^{t} dt_k \, T(H'(t_1)H'(t_2) \dots H'(t_k))$$

nähtub, et kõik väljaoperaatorid tuleb järjestada aja kahanemise järjekorras. Operaatorid on kolmekaupa seotud samasse ruumi punkti. Integreerida tuleb üle nende punktide. Kuid kuna vaakumi energia ja impulss peavad võrduma nulliga, siis kõik tekke-operaatorid peavad seega olema paigutatud kao-operaatoreist vasakule. Seda nimetatakse normaaljärjestuseks ehk normaalkorrutiseks. Näiteks energia operaatorite

$$E = P_0 = -iP_4 = \frac{1}{2} \sum_{\vec{k}} k_0 \, (c_k c_k^* - c_k^* c_k)$$

ja impulsi operaatorite

$$\vec{P} = \frac{1}{2}\sum_{\vec{k}} \vec{k}\,(c_k c_k^* - c_k^* c_k)$$

rakendamise korral vaakumolekule Φ_0 saadakse:

$$P_0\Phi_0 = \vec{P}\Phi_0 = 0$$

See kehtib ainult siis, kui me võtame energia

$$E = P_0 = -iP_4 = \frac{1}{2}\sum_{\vec{k}} k_0\,(c_k c_k^* - c_k^* c_k)$$

ja impulsi

$$\vec{P} = \frac{1}{2}\sum_{\vec{k}} \vec{k}\,(c_k c_k^* - c_k^* c_k)$$

asemel sellised avaldised:

$$P_0 = \sum_{\vec{k}} k_0\, c^* c$$

$$\vec{P} = \sum_{\vec{k}} \vec{k}\, c^* c$$

kuna $c^*\Phi_0 = \Phi_1,\ c^* c^*\Phi_0 = \Phi_2,\ \ldots\ldots,\ c\Phi_0 = 0$. S-maatriksi valemis peab kehtima samasugune järjestus, kuid selles esineb hoopis kronoloogiline järjestus:

$$S_k(t, t_0) = \frac{(-i)^k}{k!}\int_{t_0}^{t} dt_1 \int_{t_0}^{t} dt_2 \ldots \int_{t_0}^{t} dt_k\, T(H'(t_1)H'(t_2)\ldots H'(t_k))$$

Selleks avaldame kronoloogilise korrutise:

$$T(uv) =: uv: + \dot{u}\dot{v}$$

milles u ja v on suvalised operaatorid, : : tähistab normaalkorrutist ja $\dot{u}\dot{v}$ nimetatakse „kronoloogiliseks seoseks“, mis defineeritakse järgmiselt:

$$\dot{u}(t_1)\dot{v}(t_2) = \begin{cases} [\,u^-(t_1)v^+(t_2)\,], & kui\ \ t_1 > t_2 \\ [\,v^-(t_2)u^+(t_1)\,], & kui\ \ t_1 < t_2 \end{cases}$$

Selles tähistavad u^+ ja v^+ tekke-operaatoritega osa ja u^- ning v^- kao-operaatoritega osa:

$$u = u^+ + u^-$$

ja

$$v = v^+ + v^-$$

Kommutatsiooniseoste tõttu:

$$\{a_r(p), a^*{}_s(p`)\} = \delta_{rs}\delta_{\vec{p},\vec{p}`}$$

$$\{b_r(p), b^*{}_s(p`)\} = \delta_{rs}\delta_{\vec{p},\vec{p}`}$$

$$\{a.b\} = \{a, b^*\} = \{a^*, b\} = \{a^*, b^*\} = 0$$

ja

$$[c, c] = [c^*, c^*] = 0$$

$$\left[c_\mu(\vec{k}), c^*{}_\nu(\vec{k`})\right] = \delta_{\mu\nu}\delta(\vec{k} - \vec{k`})$$

on kronoloogiliste seoste avaldised tegelikult tavalised funktsioonid, mitte operaatorid. Seepärast võimaldabki eespool esitatud korrutis:

$$T(uv) =: uv: + \dot{u}\dot{v}$$

normaalkorrutiste säilimist S-maatriksis. Näiteks mistahes T-korrutise saab nüüd avaldada normaalkorrutiste summana:

$$T(u_1u_2u_3u_4) =: u_1u_2u_3u_4: + \dot{u}_1\dot{u}_2: u_3u_4: + : \dot{u}_1u_2\dot{u}_3u_4: + \cdots + (\dot{u}_1\dot{u}_2)(\dot{u}_3\dot{u}_4) + \cdots$$

mille liikmetes esinevad kõikvõimalikud seosed. Kvantelektrodünaamikas esinevad näiteks sellised kronoloogiliste seoste avaldised:

$$\dot{A}_\mu(x)\dot{A}_\nu(y) = \delta_{\mu\nu}\frac{-i}{(2\pi)^4}\int_C d^4p\,\frac{e^{ip(x-y)}}{p^2}$$

ja

$$\dot{\psi}_\alpha(x)\dot{\bar{\psi}}(y) = \frac{1}{(2\pi)^4}\int_C d^4p\,\frac{\left(p_\mu y_\mu - m\right)_{\alpha\beta}}{p^2 - m^2}$$

Selles ümbritseb integreerimistee C komplekstasandi vasakut poolt

$$Re\ p_0 < 0$$

kui $x_0 < 0$. Kui $x_0 > 0$, siis paremat poolt. Nulliga võrduvad kõik teised kronoloogilised seosed väljaoperaatorite vahel.

S_k avaldises esineb

$$T(u_1u_2u_3u_4) =: u_1u_2u_3u_4: + \dot{u}_1\dot{u}_2: u_3u_4: + : \dot{u}_1u_2\dot{u}_3u_4: + \cdots + (\dot{u}_1\dot{u}_2)(\dot{u}_3\dot{u}_4) + \cdots$$

järel hulk liidetavaid, milles igaühes on k aegruumi koordinaati. Integreerimine toimub üle nende. Nende punktide vahel on liidetavates erinev arv seoseid:

$$\dot{A}_\mu(x)\dot{A}_\nu(y) = \delta_{\mu\nu}\frac{-i}{(2\pi)^4}\int_C d^4p\,\frac{e^{ip(x-y)}}{p^2}$$

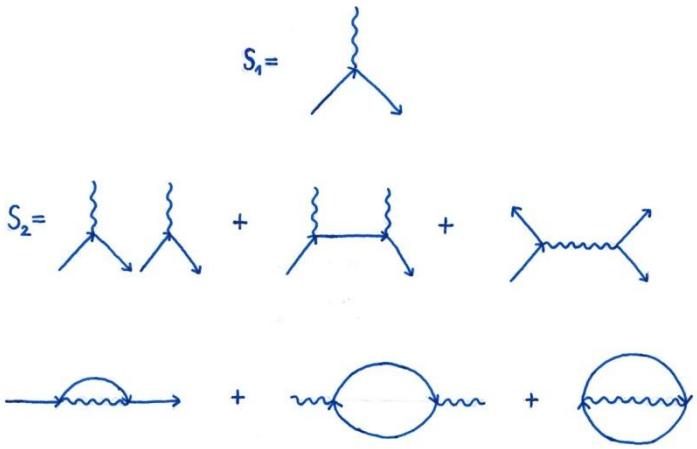
ja

$$\dot{\psi}_\alpha(x)\dot{\bar{\psi}}(y) = \frac{1}{(2\pi)^4}\int_C d^4p\,\frac{\left(p_\mu y_\mu - m\right)_{\alpha\beta}}{p^2 - m^2}$$

Peale selle esinevad seal ka erinev arv seostega sidumata väljaoperaatoreid:

$$A_\mu(x), \psi(x), \bar{\psi}(x)$$

Järgnevalt tähistatakse koordinaati x punktiga; punktide x ja y vahel oleva lainelise joonega seost $\dot{A}_\mu(x)\dot{A}_\nu(y)$; vastavate punktide vahel oleva suunatud (noolega) joonega seost $\dot{\psi}(x)\dot{\bar{\psi}}(y)$; punktiga seotud lainelise joonega vaba operaatorit A_μ ja punkti siseneva ja väljuva joonega vastavalt ψ ning $\bar{\psi}$. Kõige selle tõttu saaksime S_1 ja S_2 jaoks järgmised graafilised joonised:

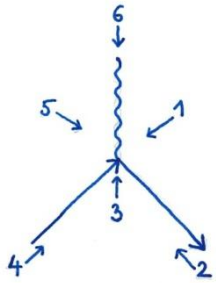


Palju rohkem liikmeid sisaldab S_3.

Tegemist on „Feynmani graafikutega“. Koordinaate tähistavad punktid ehk „graafiku tipud“, mida integreeritakse üle lõpmatu aegruumi. Igas graafiku tipus on üks sisenev ja üks väljuv elektron-positronjoon. Peale selle esineb ka üks footonjoon. Kuna jooni liigitatakse sisemisteks ja välisteks, siis seega reaktsiooni sisenevaid ja väljuvaid jooni tähistatakse väliste joontega. Näiteks elektron võib liikuda noole suunas, kuid positron liigub seega vastassuunas. Graafikutel on tegelikult mitmeid tõlgenduse võimalusi. Kuid edasiseks analüüsiks vaatame järgmist „elementaargraafikut“:

$$S_1 = ie \int d^4x : \bar{\psi}(x) y_\mu A_\mu (x) \psi(x) :.$$

mille jooniseks on:



Graafik kirjeldab 6 erinevat protsessi, mis võib sõltuda aja kulgemise suunast:

1. positron neelab footoni,
2. positron kiirgab footoni,
3. paari annihileerumine,
4. elektron kiirgab footoni,
5. elektron neelab footoni,
6. paari teke.

Alates S_2-st on graafikutel peale välisjoonte ka veel sisejooned. Neid tõlgendatakse mitte-reaalsete osakestena, kuna nad kannavad energiat ja impulssi edasi sõltumatult. Sisejoone elektronil võib energia olla isegi väiksem tema seisumassist. Ülekantav impulss ei ole üldiselt suunatud tekkepunktist neeldumispunkti. Reaalne footon ei oma „pikipolarisatsiooni komponenti“, küll aga graafikute sisejoone footon. Kõige selle tõttu nimetataksegi neid ebareaalseid osakesi „virtuaalseteks“. Nende olemasolu ei ole võimalik tuvastada, kuid nende osakeste eksisteerimise aeg Δt on määratud Heisenbergi määramatuse relatsiooniga:

$$\Delta t \Delta E \geq h$$

milles ΔE näitab osakese energiat:

$$E^2 = p^2c^2 + m^2c^4$$

Feynmani graafikul olevate tippude arvuga võrdub protsessi järgu number k, mis on ka seosekonstandi astendajas:

$$S_k(t,t_0) = \frac{(-i)^k}{k!}\int_{t_0}^{t} dt_1 \int_{t_0}^{t} dt_2 \dots \int_{t_0}^{t} dt_k\, T(H'(t_1)H'(t_2)\dots H'(t_k))$$

Selletõttu on iga järgnev S_k eelmisest $\frac{1}{e}$ korda väiksem. Sõltuvalt täpsusest on võimalik arvutustes piirduda mõne üksiku S_k-ga. Iga järgnev liige kujutab endast väikest parandust eelnevale arvutusele ja seda nimetatakse „häiritusarvutuseks“.

Välisjoonte etteandmine määrab protsessi ja sisejoonte arv ei ole piiratud. Näiteks sellise graafiku maatrikselement, mis kirjeldab elektroni hajumist elektronil, sisaldab mistahes kõrgemat järku liikmeid (niisamuti ka vaakumi „fluktuatsioone“). Integreerida tuleb üle kõikvõimalike energia ja impulsi väärtuste ja seetõttu ilmnevad lõpmatud rajad. See tähendab, et graafiku kinnistele silmustele vastavad „päratud integraalid“, mis ei koondu. Seetõttu esinevad kõrgemat järku protsessides hajuvused. Hajuvate integraalide lahendus seisneb „renormeerimises“. Kvant-elektrodünaamika rakendamisel tuleb esimeste järkudega saadud arvutustulemustele lisada nn „vaakumparandused“, mis tulenevad renormeerimisest.

Nähtus, mida nimetatakse „vaakumi polarisatsiooniks“, seletab füüsikaliselt sellist lõpmatuste vastastikust taandumist. Vaakumi polarisatsioon seisneb kvantväljateooria järgi selles, et elektroni laeng tekitab enda ümbritsevas ruumis ehk vaakumis virtuaalsete osakeste toimel intensiivseid protsesse. Elektroni negatiivse laengu ümbritsevas ruumis organiseeruvad positiivsed laengud üldiselt elektronile lähemale, kuid negatiivsed laengud aga kaugemale. Selletõttu varjestavad positiivsed laengud elektroni tegelikku laengut ja seega näib elektroni laeng olevat kaugemal väiksemana.

Kvantelektrodünaamika hajuvad integraalid annavad vaakumi energiaks ja massi tiheduseks lõpmata suured väärtused. Kuid renormeerimine annab neile väärtuseks nulli, kuna mistahes kohta energiaskaalal võime väärtuse lugeda nulliks. Kogu ruumi ühtlaselt täitev energianivoo ei ole reaalselt avalduv. Renormeerimine võimaldab kvantelektrodünaamikas ilmnevad hajuvused ehk lõpmatused omavahel vastuoludeta kompenseerida ehk teooria on konstantide ümberhindamise teel renormeeritav, kuna Feynmani graafikutes esinevad kolme joonega seotud tipud ja footonjoon vastab sellisele osakesele, mille seisumass on null.

Kvantväljateooria järgi on kogu Universumi vaakum täis virtuaalseid osakesi ja seetõttu on vaakum tegelikult lõpmata kõrge energiatihedusega. Kuid renormeerimise tulemusena võime selle vaakumi energiatiheduse lugeda ikkagi praktiliselt nulliks, sest selline energianivoo, mis täidab ühtlaselt kogu meie Universumi ruumi, ei ole tegelikult niikuinii mingil moel avalduv ega mõõdetav. 0 väärtuse võime lugeda mistahes kohta energiaskaalal.

2.2.18.14 Elektromagnetlaine ja aegruum

Valguse osakesed (s.t. footonid) liiguvad vaakumis kiirusega c, mille korral on aeg ja ruum teisenenud lõpmatuseni. Seetõttu võib öelda, et footonid eksisteerivad „väljaspool“ aegruumi, sest liikudes vaakumis kiirusega c on aeg aeglenenud lõpmatuseni

$$t` = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}} = \infty$$

ja ruumi pikkus lühenenud samuti lõpmatuseni

$$l = l_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = l_0\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}} = 0$$

Sellisel juhul ei eksisteerigi enam aega ega ruumi. Näiteks välisvaatleja jaoks ehk aegruumis eksisteeriva vaatleja suhtes on valguse kiirusega liikuval kehal kiiruseks c, kuid kiirusega c liikuva keha enda suhtes ehk nö. „omaajas“ jõuab see mistahes ruumipunkti Universumis ühe hetkega ehk tema kiirus on seega lõpmata suur. See tähendab seda, et valguse kiirusega liikuval kehal on liikumiskiirus „omaajas“ lõpmata suur ehk seega ei eksisteeri tema jaoks enam aega, kuid samas välisvaatleja suhtes ehk aegruumis eksisteeriva vaatleja suhtes on selle keha kiirus ikkagi c, kuna tema jaoks eksisteerib aeg ja ruum.

> Kusjuures aja ja ruumi teisenemised ei ole „näivad“, vaid need on täiesti reaalsed. Näiteks kui üks kaksikvendadest läheb kosmosereisile ja naaseb hiljem Maale tagasi, siis ei ole vennad enam ühevanused. Kosmoserändur on jäänud vennast nooremaks. Teoreetiliselt võib vanusevahe suurendada piiramatult. Näiteks kui isa reisib Maast eemale 2 aastat ja tagasi teine 2 aastat (isa poolt mõõdetud ajavahemikud), siis on ta oma tütrest 20 aastat noorem. Enne reisi algust oli isa oma tütrest aga 20 aastat vanem. Seega saame konstantse kiirusparameetri β Maa suhtes järgmiselt:
>
> $$40 = 4y$$
>
> milles
>
> $$y = 10 = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$$
>
> milles omakorda
>
> $$\beta = 0{,}995.$$
>
> Kui aga mingi vaatleja siirduks oma tähelaevaga kosmosesse kiirusega, mis läheneb valguse kiirusele vaakumis ja tuleks 22 aastat hiljem maa peale tagasi, siis maa peal on möödunud selle aja jooksul näiteks 1000 aastat. Seega vaatleja rändas ajas tulevikku.

Keha liikumiskiiruse lähenemist valguse kiirusele vaakumis võib antud kontekstis tõlgendada keha liikumiskiiruse kasvuna tavaruumis K, kuid hyperruumi K´ suhtes hakkab keha paigale jääma. Järelikult K liigub K´-i suhtes kiirusega c. Näiteks eelnevalt tuletatud ajas rändamise üldvõrrandist

$$ct + vt' = \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\,t'c$$

on võimalik tuletada aja dilatatsiooni valem, mis on täiesti identne erirelatiivsusteooriast tuntud aja teisenemise valemiga. Näiteks kui eelnevalt välja toodud üldvõrrandis on vt´ = 0 ehk

$$ct = \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\,t'c$$

siis saame matemaatiliselt teisendada järgmiselt:

$$t = \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\,t'$$

ehk

$$t' = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}t,$$

milles jagatise liiget

$$y = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

nimetatakse erirelatiivsusteoorias y-faktoriks ehk kinemaatiliseks teguriks, mis näitab aja aeglustumist välisvaatleja suhtes. Selle füüsikalise olemuse mõistmiseks on vajalik tuletada veel üks võrrand, mis näitab matemaatiliselt aja dilatatsiooni nähtuse tulenemist eelnevalt tuletatud hyperruumi ja tavaruumi füüsikalisest süsteemist. Selleks teeme eelnevalt tuletatud ajas rändamise üldvõrrandis

$$ct + vt' = \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\;t'c$$

järgmised matemaatilised teisendused. Juhul kui ct = 0, saame võrrandi

$$vt' = \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\;t'c$$

Jagame saadud võrrandi mõlemad pooled t´-ga:

$$\frac{vt'}{t'} = \frac{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\,t'c}{t'} = \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\frac{ct'}{t'}$$

ja sellest tulenevalt saame lõpuks järgmise väga olulise avaldise, mida erirelatiivsusteoorias pole võimalik matemaatiliselt tuletada:

$$v = \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\;c$$

ehk visuaalselt paremini esitatuna:

$$v = c\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

Tähistame v-d v´-ga:

$$v' = c\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}.$$

Viimase võrrandi füüsikaline sisu seisneb järgmises analüüsis. Eelnevalt on teada, et meie tavaruum K liigub hyperruumi K´ suhtes kiirusega c ja sellest tulenevalt peab Universum paisuma valguse kiirusega. Sellest ongi näha seda, et kui keha m liikumiskiirus on tavaruumi suhtes c ehk v = c (näiteks valguse liikumiskiirus meie tajutavas aegruumis), siis hyperruumi suhtes on keha paigal

ehk v´ = 0. Kui aga keha liikumiskiirus on tavaruumi suhtes null (keha on paigal) ehk v = 0, siis hyperruumi suhtes on keha liikumiskiirus võrdne c-ga ehk v´ = c. See tähendab ka seda, et kõik kehad Universumis liiguvad valguse kiirusega c. Valgus ise on tegelikult paigal. Kuna aja dilatatsiooni võrrand, mis on tuletatav samuti ajas rändamise üldvõrrandist, on kujul

$$t´ = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

ja seetõttu saame kinemaatilise teguri ruutjuure avaldise avaldada järgmiselt:

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{t}{t´} .$$

Ajas rändamise üldvõrrandist tuletatud valemi

$$v = c\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

saame seega viia järgmisele matemaatilisele kujule:

$$v = c\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{ct}{t´}$$

ehk

$$v = c\frac{t}{t´} .$$

Viime t´ teisele poole

$$vt´ = ct$$

ja teisendame viimast võrrandit kujule:

$$v \triangle t = ct ,$$

milles $\triangle t = t´$. Viimasest tuletatud väga olulisest võrrandist, mis viib lõpuks kvantmehaanika füüsikalise mõistmiseni

$$v \triangle t = ct$$

on selgelt näha seda, et keha m liikumiskiirus v sõltub aja kulgemisest (näiteks mida rohkem aeg teiseneb välisvaatleja suhtes, seda väiksema omaajaga jõuab keha liikuda ühest ruumipunktist teise) või keha liikumiskiirus ise tingib aja kulgemise iseloomu (näiteks mida kiiremini liigub keha, seda enam teiseneb aeg):

$$v = \frac{ct}{\triangle t}$$

Teepikkus ct võib olla valguse teepikkus tavaruumi K suhtes või seisumassiga keha teepikkus hyperruumi K´ suhtes:

$$v = \frac{s}{\triangle t} ,$$

milles s = ct. Järgnevalt analüüsime aja teisenemise

$$\triangle t = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

tulenevust hyperruumi K´ ja tavaruumi K füüsikalisest süsteemist. Näiteks kui keha massiga m liigub tavaruumi K suhtes kiirusega c ehk v = c (see võib olla näiteks valguse liikumine vaakumis), siis hyperruumi K´ suhtes on see keha paigal ehk v´ = 0. Eelnevalt tuletatud valemis

$$v = c\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

on sellisel juhul v = c:

$$v' = c\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}$$

ja saamegi hyperruumi K´ suhtes kiiruseks

$$v' = 0\,.$$

Reaalses maailmas tähendab see seda, et kui keha liigub vaakumis kiirusega c mistahes vaatleja suhtes, siis hyperruumi K´ suhtes on see keha paigal (s.t. „absoluutselt paigal“). Kuna keha m liigub sellisel juhul tavaruumi K suhtes kiirusega c ehk v = c, siis aeg on tavaruumi K suhtes teisenenud lõpmatuseni ehk △t = ∞:

$$\triangle t = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}} = \frac{t}{0} = \infty$$

ja seetõttu saame hyperruumi K´ suhtes keha liikumiskiiruseks:

$$v = \frac{s}{\triangle t}$$

ehk

$$v' = \frac{ct}{\triangle t} = \frac{ct}{\infty} = 0\,.$$

See tähendab seda, et kui keha m on tavaruumi K suhtes liikumiskiiruseks c ehk v = c, siis hyperruumi K´ suhtes ei ole aeg teisenenud ehk △t = t:

$$v = \frac{s}{\triangle t} = \frac{ct}{\triangle t} = c\,.$$

Kui aga keha m on hyperruumi K´ suhtes paigal ehk v´ = 0, siis tavaruumi K suhtes on aeg teisenenud lõpmatuseni ehk △t = ∞:

$$v' = \frac{s}{\triangle t} = \frac{ct}{\triangle t} = \frac{ct}{\infty} = 0\,.$$

Reaalses maailmas tähendab see seda, et kui mingi keha liigub vaakumis kiirusega c, siis see on konstantne kiirus mistahes vaatleja jaoks, kes vaakumis parajasti eksisteerivad. See tuleneb otseselt sellest, et mida lähemale jõuame keha liikumiskiirusele c, seda aeglasemini kulgeb aeg välisvaatleja suhtes. Kiirusel c liikudes läheb ajavahe △t lõpmata suureks ehk

$$\triangle t = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}} = \frac{t}{0} = \infty$$

ja see tähendab seda, et välisvaatleja suhtes kulgeb aeg lõpmata aeglaselt, kuid keha enda suhtes (nö. keha „omaajas“) kulgeb aeg lõpmata kiiresti. See tähendab seda, et keha jõuab omaajas tavaruumis K (näiteks vaakumis) mistahes ruumipunkti hetkega ehk lõpmata suure kiirusega: $v \longrightarrow \infty$. Kuid hyperruumi K´ suhtes on keha „absoluutselt“ paigal ja seetõttu ei ole hyperruumi K´ suhtes ka aja teisenemist ehk:

$$\triangle t = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{0^2}{c^2}}} = \frac{t}{1} = t \, .$$

See tähendab seda, et hyperruumi K` suhtes on keha kiirus „omaajas“ lõpmata väike. Kui keha massiga m on tavaruumi K suhtes aga hoopis paigal ehk v = 0, siis hyperruumi K´ suhtes liigub see kiirusega v´ = c. Näiteks kui meie kiiruse teisenemise valemis

$$v = c\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

on kiirus v võrdne nulliga ehk

$$v' = c\sqrt{1 - \frac{0^2}{c^2}}$$

siis saamegi hyperruumi K´ suhtes kiiruseks c:

$$v' = c \, .$$

Reaalses maailmas tähendab see seda, et absoluutselt kõik kehad Universumis, millel on seisumass m_0 ja seega seisuenergia $E_0 = m_0c^2$, liiguvad valguse kiirusega c hyperruumi K´ suhtes, kuid samas võivad need meie tavaruumis K olla paigal. Ka valguse suhtes liiguvad kõik kehad kiirusega c. Kuna keha m on tavaruumi K suhtes paigal ehk v = 0, siis tavaruumi K suhtes ei ole aeg teisenenud ehk $\triangle t = t$:

$$\triangle t = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{0^2}{c^2}}} = \frac{t}{1} = t$$

ja seetõttu saamegi hyperruumi K´ suhtes keha liikumiskiiruseks:

$$v = \frac{s}{\triangle t}$$

ehk

$$v' = \frac{ct}{\triangle t} = c \, .$$

See tähendab seda, et kui keha m on tavaruumi K suhtes paigal ehk v = 0, siis hyperruumi K´ suhtes on aeg teisenenud lõpmatuseni ehk $\triangle t = \infty$:

$$v = \frac{s}{\triangle t} = \frac{s}{\infty} = 0 \, .$$

Kui keha m liigub hyperruumi K´ suhtes kiirusega c ehk v´ = c, siis tavaruumi K suhtes ei ole aeg teisenenud ehk $\triangle t = t$:

$$v' = \frac{s}{\triangle t} = \frac{ct}{\triangle t} = c \, .$$

See tähendab seda, et kui valguse korral oli nii, et liikudes vaakumis ehk tavaruumis K kiirusega c ja seetõttu omaajas jõudis valgus hetkega mistahes ruumipunkti tavaruumis, siis siin antud juhul on olukord aga vastupidine. Näiteks seisumassiga kehad liiguvad hyperruumi K´ suhtes kiirusega c ja sellest tulenevalt on hyperruumi ja tavaruumi ajavahe lõpmata suur. See tähendab seda, et hyperruumi K´ poolt vaadatuna kulgeb aeg tavaruumis ehk kogu meie Universumis tervikuna lõpmata kiiresti, kuid tavaruumis olles kulgeb aeg vaatleja jaoks tavapärases tempos ja aja kulgemine ei näi mitte kunagi katkevat ehk selle eksisteerimine näib olevat igavikuline. Kuna kõik kehad liiguvad hyperruumi K´ suhtes kiirusega c, siis seega hõlmab „omaaeg“ hyperruumi suhtes vaadatuna üle kogu Universumi ehk kogu tavaruumi K. Selles mõttes kõik kehad Universumis, millel on seisumass ja seisuenergia ning mis liiguvad hyperruumi suhtes kiirusega c, liiguvad hyperruumi poolt vaadatuna (ehk nö. hyperruumi omaajas) lõpmata suure kiirusega ehk $v \longrightarrow \infty$, sest aeg kulgeb lõpmata suure kiirusega.

Selle paremaks mõistmiseks toome järgnevalt välja ühe „mõttelise eksperimendi“. Näiteks kogu meie paisuv Universum on nagu üks hiigel suur taustsüsteem, milles esineb üleüldine ehk globaalne aja ja ruumi teisenemine. Selles hiigel suures taustsüsteemis (mis on Universumi suurune) eksisteerivad lõputu hulk väiksemaid taustsüsteeme nagu näiteks liikuvad ehk inertsiaalsed taustsüsteemid (milles avalduvad erirelatiivsusteooria seaduspärasused) ja mitteinertsiaalsed taustsüsteemid ehk gravitatsiooniväljad (milles avalduvad üldrelatiivsusteooria seaduspärasused). Oletame, et meil on kaks vaatlejat, kellest üks asub meie paisuvas Universumis ja teine hüpoteetiline vaatleja asub sellest väljapool. Paisuva Universumi sees olevale vaatlejale tunduvad Universumis toimuvad sündmused kulgevat normaalset jadapidi, kui välja arvata erinevates taustsüsteemides esinevaid aja kulgemisi, mille erinevusi võivad põhjustada kehade liikumiskiiruste või raskusjõu erinevad vahekorrad. Kuid teisele vaatlejale, kes asub paisuvast Universumist väljapool, tundub aeg Universumis kulgevat lõpmata kiiresti.

> MÄRKUS: Siinkohal peab märkima seda, et eelnevalt välja toodud kahe vaatlejaga eksperiment kehtib ainult eelneva matemaatilise analüüsi „illustreerimiseks“. See tähendab seda, et paisuvast Universumist väljapool olevale hüpoteetilisele vaatlejale tegelikult ei kulge aeg Universumis lõpmata kiiresti.

> Ajas rändamise füüsikateooria Universumi kosmoloogia osas kirjeldatakse sellist Universumi kosmoloogilist paisumist, mis toimub kiirenevas tempos ehk üle kogu Universumi esineb üleüldine aja kiirenemine, mida ei saa otseselt tajuda. Näiteks inimene ei taju aja aeglenemist ega ka aja kiirenemist, kui see toimub süsteemis, kus inimene ise parajasti asub. Aja kiirenemine avaldubki Universumi paisumise kiiruses kiirendusena, sest Universumi eluea pikenemine ja Universumi paisumise kiirus (kiirus sõltub ajast) on omavahel seotud. Nii saamegi tulemuseks kiireneva Universumi paisumise.
>
> Paisuva Universumi sees olevale vaatlejale tunduvad Universumis toimuvad sündmused kulgevat normaalset jadapidi, kui välja arvata erinevates taustsüsteemides esinevaid aja kulgemisi, mille erinevusi võivad põhjustada kehade liikumiskiiruste või raskusjõu erinevad vahekorrad. Kuid teisele vaatlejale, kes asub paisuvast Universumist väljapool, tundub aeg Universumis voolavat palju kiiremini ja see kulgeb aeglenevas tempos. Universumi aja kulgemise aeglenemist reedab Universumi sees olevale vaatlejale Universumi paisumiskiiruse suurenemine, mis väljendub juba Hubble konstandi muutumises ajas.
>
> „Tuleb muidugi arvestada, et aeg ei ole relatiivsusteoorias mingi absoluut. See, millest praegu jutt, on “kaasaliikuva vaatleja aeg”, s.t. aeg, mida tajub paisuva Universumi mingis galaktikas olev ja sellega koos liikuv vaatleja. Vanajumalal, kes asja kõrvalt vaatab, võib sootuks teine ajaarvamine olla.“ (“Füüsika XII klassile,

Kosmoloogia", Jaak Jaaniste, Kirjastus "Koolibri" 1999, lk: 107)

Kuid kogu eelnev matemaatiline analüüs näitas üsna veenvalt, et kui tavaruum K liigub hyperruumi K´ suhtes, siis järelikult keha jõudmiseks hyperruumi ehk K´-i peab keha liikumiskiirus tavaruumis K (milles eksisteerib aeg ja ruum) suurenema. Kuna K´-s ehk hyperruumis aega ei eksisteeri (s.t. aeg on lõpmatuseni aeglenenud ehk aeg on peatunud), siis seega lähenedes hyperruumile (ehk keha liikumiskiiruse suurenemisel tavaruumis K) aegleneb aeg. Kuid aja aeglenemine keha liikumiskiiruse kasvades on teada ainult erirelatiivsusteooriast: näiteks mida lähemale keha liikumiskiirus jõuab valguse kiirusele vaakumis, seda enam aja kulg aegleneb ja keha pikkus lüheneb. Keha liikumiskiiruse lähenemist valguse kiirusele vaakumis võib antud kontekstis tõlgendada keha liikumiskiiruse kasvuna tavaruumis K, kuid hyperruumi K´ suhtes hakkab keha paigale jääma. Järelikult K liigub K´-i suhtes kiirusega c.

Kuna aeg ja ruum on üksteisest lahutamatult seotud, siis aja aeglenemisega käib kaasas ka keha pikkuse lühenemine, mis on samuti tuntud erirelatiivsusteooriast.

2.2.18.15 Ajas rändamise füüsika ja relatiivsusteooria

Erirelatiivsusteooria ei anna vastust küsimusele, et miks esineb aja ja ruumi teisenemine, kui keha liikumiskiirus läheneb valguse kiirusele vaakumis? Vastuse sellele fundamentaalsele küsimusele tegelikult leiamegi ajas rändamise füüsikateooriast.

Näiteks selleks, et rännata ajas (ehk liikuda ühest ajahetkest teise), peab keha olema ajast (ja ka ruumist) „väljas". See on üldse esimene füüsikaline tingimus sooritamaks tõelist aja rännakut. Väljaspool aega ei eksisteeri enam aega. Eespool tõestasime, et K´-s ehk hyperruumis liikudes rändab keha ajas. Seega hyperruumis ei eksisteeri enam aega (ega ka ruumi). Kuna tavaruum K liigub hyperruumi K´ suhtes, siis järelikult keha jõudmiseks hyperruumi ehk K´-i peab keha liikumiskiirus tavaruumis K (milles eksisteerib aeg ja ruum) suurenema. Kuna K´-s ehk hyperruumis aega ei eksisteeri (s.t. aeg on lõpmatuseni aeglenenud ehk aeg on peatunud), siis seega lähenedes hyperruumile (ehk keha liikumiskiiruse suurenemisel tavaruumis K) aegleneb aeg.

> Juba Ungari päritoluga filosoof ja matemaatik Menyhért Palagyi (1859-1924) arendas omal ajal aja ja ruumi ühtsuse ideed ja käsitles aega neliruumi („jooksva ruumi") imaginaarse koordinaadina, mis tegelikult väga sarnaneb antud juhul tavaruumi K ja hyperruumi K´-i füüsikalise süsteemiga.

Kuid aja aeglenemine keha liikumiskiiruse kasvades on teada ainult erirelatiivsusteooriast: näiteks mida lähemale keha liikumiskiirus jõuab valguse kiirusele vaakumis, seda enam aja kulg aegleneb ja keha pikkus lüheneb. Lõpuks teisenevad aeg ja ruum lõpmatuseni:

$$t` = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}} = \infty$$

Valguse kiirus c on suurim võimalik kiirus kogu Universumis:

$$c = \frac{l}{t}$$

ja seda mistahes taustsüsteemist vaadatuna:

$$c = \frac{d}{t`} = \frac{\sqrt{l^2 + v^2 t`^2}}{t`} = c$$

Kui me matemaatiliselt teisendame viimast avaldist järgmiselt:

$$(ct)^2 + (vt`)^2 = c^2 t`^2$$

ehk

$$(ct)^2 = (c^2 - v^2) t`^2$$

siis me näemegi seda, et liikudes valguse kiirusega c:

$$t^2 = \frac{c^2 - v^2}{c^2} t`^2 = \left[1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2\right] t`^2$$

„teiseneks“ ehk „aegleneks“ aeg t` lõpmatuseni:

$$t` = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \infty$$

Valgus liigub vaakumis alati kiirusega c ehk valguse kiirus on mistahes vaatleja jaoks alati ühesugune. See tähendab seda, et üks lõpliku suurusega kiirus ei muutu taustsüsteemi muutudes. See on võimalik ainult siis, kui aeg ja ruum sõltuvad taustsüsteemi valikust. See tähendab, et nii aeg kui ka koordinaat sõltuvad taustsüsteemist.

MÄRKUS: Erirelatiivsusteoorias kirjeldatav keha pikkuse lühenemine toimub liikumise suunas ehk see sõltub liikumise suunast.

Erirelatiivsusteoorias kirjeldatavad aja ja ruumi teisendused tuletatakse Lorentzi teisendus-valemitest, mis omakorda tuletatakse Galilei Galileo teisendusvalemitest:

$$\begin{cases} x = x' + vt' = x' + vt \\ y = y' \\ z = z' \\ t = t' \end{cases}$$

Need teisendusvalemid ei tohi muutuda koordinaatide alguspunkti nihutamisel ehk koordinaati x-i ei tohi asendada suurusega x + a. See tuleneb ruumi homogeensusest ja seda tingimust rahuldavad ainult lineaarsed teisendused. Selleks peab lineaarse teisenduse valem olema järgmise kujuga:

$$x = y(x' + vt') = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

või

$$x' = y(x - vt) = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

milles olev kordaja liige y

$$y = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

on kinemaatiline tegur, mis oli meil juba varem teada ja matemaatiliselt tuletatud. Nendest koordinaatide teisendusvalemitest saame tegelikult leida ka aja teisendusvalemi.

Koordinaatide teisendusvalemeid tavaruumis K liikuvate taustsüsteemide jaoks kirjeldavad Lorentzi teisendused:

$$x` = y(x - vt)$$

ja

$$x = y(x` + vt`)$$

Keha pikkuse ehk ruumi teisendusvalemist $x´ = y(x - vt)$ leiame ka aja t teisendusvalemi järgmiselt:

$$\frac{x´}{y} = x - vt$$

ehk

$$vt = x - \frac{x´}{y}$$

milles x-i võib avaldada koordinaadi teisendusvalemina ja seejärel matemaatiliselt edasi teisendada järgmiselt, et leida aja t teisendusvalemit:

$$vt = [y(x´ + vt´)] - \frac{x´}{y}$$

ehk

$$vt = yx´ + yvt´ - \frac{x´}{y}$$

Kui me viime kiiruse v võrrandi teisele poole võrdusmärki:

$$t = \frac{yx´ + yvt´ - \frac{x´}{y}}{v}$$

siis saame matemaatiliselt teisendada järgmiselt:

$$t = y\frac{x´}{v} + y\frac{vt´}{v} - \frac{x´}{v}\frac{1}{y}$$

ehk

$$t = y\left[t´ + \frac{x´}{v} - \frac{x´}{v}\frac{1}{y^2}\right]$$

ehk

$$t = y\left[t´ + \frac{x´}{v}\left(1 - \frac{1}{y^2}\right)\right]$$

Viimases võrrandis avaldame kineetilise teguri y:

$$t = y\left[t' + \frac{x'}{v}\left(1 - \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\right)^2}\right)\right]$$

mille tõttu saame:

$$t = y\left[t' + \frac{x'}{v}\frac{v^2}{c^2}\right]$$

Viimaks saamegi matemaatiliselt tuletatud aja teisendusvalemi t:

$$t = y\left(t' + \frac{v}{c^2}x'\right) = \frac{\left(t' + \frac{v}{c^2}x'\right)}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

või

$$t' = y\left(t - \frac{v}{c^2}x\right) = \frac{\left(t - \frac{v}{c^2}x\right)}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

Neid valemeid nimetatakse ametlikus erirelatiivsusteoorias Lorentzi teisendusvalemiteks, milles on selgelt näha seda, et aeg t ja ruumikoordinaat x võivad ühekorraga muutuda:

$$x' = \frac{(x + vt)}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

ja

$$t' = \frac{\left(t + \frac{v}{c^2}x\right)}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

Aeg t ja koordinaat x on meie süsteemis, kuid aeg t` ja koordinaat x` on aga süsteemis, mis meie suhtes liigub. Nii aja kui ka koordnaadi teisendusvalemid sõltuvad üksteisest. Neid valemeid nimetatakse Lorentzi teisendusvalemiteks. Nendest valemitest on võimalik tuletada aja aeglenemine

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}}$$

ja keha pikkuse lühenemine ehk kontraktsioon

$$l' = l\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

Näiteks kui me Lorentzi koordinaadi x teisendusvalemis

$$x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

võtame v = 0 või t´ = 0, siis saamegi keha pikkuse kontraktsiooni valemi:

$$x = \frac{x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

ehk

$$x' = x\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Kui aga Lorentzi aja teisendusvalemis t´

$$t' = \frac{\left(t - \frac{v}{c^2}x\right)}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

võtame v = 0 või x = 0, siis saamegi aja aeglenemise ehk aja dilatatsiooni valemi:

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Gravitatsiooniväli seisneb samuti aja dilatatsioonis ja ruumi kontraktsioonis. See tähendab seda, et gravitatsiooni tsentrile lähenedes aeg aegleneb ja ruumipunktide vahelised kaugused vähenevad (ruum kontrakteerub) välisvaatleja suhtes. Keha mass mõjutab aja kulgemist ja 3-mõõtmelise eukleidilise ruumi meetrikat. Meetrika uurib kahe ruumipunkti vahelist kaugust ds. Gravitatsiooni tsentris on aeg ja ruum kõverdunud lõpmatuseni. See tähendab, et aeg ja ruum lakkavad eksisteerimast teatud kaugusel R gravitatsiooni tsentrist:

$$t` = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{2GM}{c^2 r}}} = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{R}{r}}} = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{R}{R}}} = \infty$$

Erirelatiivsusteoorias käsitletakse ainult inertsiaalseid taustsüsteeme, milles kehtib inertsi seadus. Inertsi seadus seisneb selles, et keha liigub ühtlaselt ja sirgjooneliselt seni kuni miski seda olekut ei muuda. Tekib küsimus, et kui aja ja ruumi teisenemised (s.t. aja dilatatsioon ja keha pikkuse kontraktsioon) toimuvad inertsiaalsetes taustsüsteemides, siis kas need võivad ilmneda ka mitteinertsiaalsetes taustsüsteemides? Inertsiaalsetes taustsüsteemides tulevad aja ja ruumi teisenemised esile liikumiskiiruse lähenemisel valguse kiirusele c, kuid mitteinertsiaalsed taustsüsteemid on gravitatsiooniväljad. Gravitatsioonijõud ja koos sellega ka jõuväli on seotud keha massiga. Inertsiaalsetes taustsüsteemides käsitletakse eelkõige inertset massi. Vastavalt Newtoni II seadusele

$$F = ma$$

ehk

$$a = \frac{F}{m}$$

iseloomustatakse inertse massiga keha inertsust ehk vastupanuvõimet liikumisoleku muutumisele. Näiteks mida suurem on kehal mass, seda rohkem jõudu tuleb rakendada, et keha hakkaks liikuma või jääks paigale. Kuid mitteinertsiaalsetes taustsüsteemides ehk seega gravitatsiooniväljades

kasutatakse raske massi mõistet, mis ütleb, et mida suurem on kehal mass, seda suurema gravitatsioonijõu see tekitab.

Inertne mass ja raske mass on omavahel ekvivalentsed, mis tähendab seda, et ei ole võimalik kindlaks teha, et kas vaadeldav keha asub gravitatsiooniväljas või kiirendusega liikuvas taustsüsteemis.

> Näiteks kaaluta oleku korral langevas liftis või ümber Maa tiirlevas kosmose-laevas ei ole võimalik kindlaks teha kiirenduse või gravitatsioonivälja olemasolu.

Matemaatiliselt väljendub see kõveras ruumis. Näiteks kosmoselaeva orbiit tasases ehk eukleidilises ruumis on ekvivalentne sirgega kõveras ruumis. Kõvera ruumi sirget joont nimetatakse geodeetiliseks jooneks. Piisava kõverusega trajektoor võib olla kõveras ruumis sirge. Sirge on kõige lühem tee kahe ruumipunkti vahel.

> Negatiivse kõverusega nn. hüperboolsete ruumide geomeetria töötas välja 1826. aastal N. Lobatševski ja suvalise kõverusega ruumi geomeetria lõi 1854. aastal B. Riemann.

Albert Einstein sidus ruumi kõveruse selliste füüsikaliste suurustega, mis kirjeldavad massi ja liikumist. Einsteini võrrandi lahendamisel saadakse mingi vaadeldava keha maailmajoon kõveras ruumis, mis on määratud teiste kehade masside poolt. Maailmajoon on neliruumis keha liikumistee. Neljamõõtmelise koordinaatsüsteemi (ehk kõvera aegruumi) korral kasutatakse kolme ruumitelge ja ühte ajatelge. Ajamomenti korrutatakse valguse kiirusega c, et tegemist oleks neljanda ruumimõõtmega. Tulemuseks on neli koordinaati: x, y, z ja ct.

Selge on see, et kehade mass kõverdab aega ja ruumi, kuid üldrelatiivsusteooria ei anna vastust küsimusele, et miks mass kõverdab aegruumi? Mass kõverdab ümbritsevat aegruumi, kuid miks see nii on? Vastuse sellele fundamentaalsele küsimusele annabki meile ajas rändamise füüsikateooria.

Üldrelatiivsusteooria järgi on inertne mass ja raske mass omavahel võrdsed ehk ekvivalentsed. Mass on keha inertsi mõõduks ehk see kirjeldab keha inertsi kiiruse muutuste suhtes. See tähendab seda, et mida suurem on kehal mass, seda rohkem aega läheb vaja keha kiiruse muutmiseks.

> Näiteks raske rongi pidurdamine võtab oluliselt kauem aega kui näiteks lapsevankri pidurdamine. Nende kahe keha pidurdusteede pikkused on väga erinevad ühe ja sama kiiruse arvväärtuse korral.
>
> > Viimasest võib omakorda järeldada seda, et näiteks kui rong sõidab ühtlaselt ja sirgjooneliselt mööda teed ja rongi sees mõne keha mass ajas tohutult suureneb, siis mida suurem on kehal mass, seda aeglasemalt liigub rong ja koos sellega ka keha rongis. Keha kiirus jääb lõpuks maapinna suhtes üldse paigale.

Viimastest näidetest on võimalik järeldada seda, et kui keha mass suureneb, siis peab see avaldama suuremat „vastupanu“ aja dimensioonile, kuna kõik kehad „liiguvad“ ajas tuleviku suunas. Seda kirjeldab füüsikaline mudel, mille korral suureneb keha mass tavaruumis K, mitte aga liikumiskiirus tavaruumi K suhtes. Sellisel juhul muutub keha liikumiskiirus hyperruumi K`-i suhtes aeglasemaks, kuid tavaruumi K enda liikumiskiirus hyperruumi K` suhtes jääb alati samasuguseks. Kuid keha liikumiskiiruse muutumise korral hyperruumi K´ suhtes peab esinema juba aja ja ruumi teisenemised nagu seda oli näidatud erirelatiivsusteooria osas. Sellest nähtubki see, et mida suurem on kehal mass, seda enam peab see kõverdama ümbritsevat aega ja ruumi.

Tavaruumi K ja hyperruumi K` füüsikaline süsteem avaldub looduses Universumi kosmoloogilise paisumisena. Mass kõverdab ümbritsevat aegruumi ja seeläbi avaldab mass vastupanu Universumi paisumisele. See tähendab seda, et gravitatsioon kui aegruumi kõverdus avaldab vastupanu Universumi paisumisele, mis on heaks näiteks sellele, et kuidas on mass kui keha inertsi mõõt seotud tavaruumi K ja hyperruumi K` füüsikalise süsteemiga.

2.2.18.16 Albert Einsteini üldrelatiivsusteooria

Albert Einstein lõi üldrelatiivsusteooria peaaegu kümme aastat pärast erirelatiivsusteooria loomist. Ta üldistas seda mis tahes taustsüsteemidele, sest erirelatiivsusteoorias käsitleti ainult inertsiaalseid taustsüsteeme. Kuid üldrelatiivsusteoorias võetakse arvesse ka mitteinertsiaalseid taustsüsteeme. Need on kiirendusega liikuvad süsteemid. Seepärast teooria üldisem ongi. Gravitatsioonijõu mõjul liiguvad gravitatsioonivälja vabad kehad kiirendusega. Üldrelatiivsusteooria on seepärast relativistlik gravitatsioonivälja teooria.

Gravitatsioonijõu ja inertsijõu vahel ei ole mingisugust vahet. Sellisele ekvivalentsuseprintsiibile ongi üles ehitatud kogu üldrelatiivsusteooria. Sellist printsiipi tõestavad kõik eksperimentaalsed katsed, mis näitavad raske ja inertse massi samasust. Need on võrdsed. Seega gravitatsioonivälja on võimalik asendada inertsijõudude väljaga. Näiteks keerleva kosmoselaeva tsentrifugaaljõud tõukab kehad kosmoselaeva välisseinte poole. Sein muutub keerlevas kosmoselaevas põrandaks, millel on inimesel võimalik kõndida. Selline tekkiv tsentrifugaaljõud (ehk inertsijõud) on sarnane gravitatsioonijõuga. Niimoodi simuleeritakse gravitatsiooni eksisteerimist kosmoselaevas.

Newtoni gravitatsiooniseadus on teatavasti aga järgmine (Maa raskusjõu näitel):

$$F = G\frac{m_g M_M}{{R_M}^2}$$

milles keha raske mass on m_g, Maa raske mass on M_M ja Maa raadius on R_M. Gravitatsioonijõu F mõjul saab keha kiirenduse a, kuid mitte raskuskiirenduse g. Selline keha kiirendus peab olema võrdeline keha inertse massi ja gravitatsioonijõu suhtega:

$$a = \frac{f}{m_{in}} = G\frac{M_M m_g}{{R_M}^2 m_{in}}$$

Kuid kõik eksperimentaalsed katsed näitavad, et kõikide kehade korral on kiirendus a sama. Seega kui raskuskiirendus on ühesugune, siis seda peab olema ka kiirendus. Tegur $G\frac{M_M}{{R_M}^2}$ on ühesugune kõikide kehade korral ja seega kõikide kehade korral on suhe m_g/m_{in} samuti ühesugune. Sellest tulenevalt on inertne mass ja raske mass kõikide kehade korral üks ja sama ehk need on võrdsed:

$$a = \frac{f}{m_{in}} = G\frac{M_M m_g}{{R_M}^2 m_{in}}$$

ehk

$$a = G\frac{M_M}{{R_M}^2}$$

Maa massi M_M saab välja arvutada just viimasest seosest. Kui me aga teame Maa orbiidi raadiust R_{or} ja Maa tiirlemisperioodi T, siis saab ära määrata ka Päikese massi M_p. Gravitatsioonijõud, mis eksisteerib Maa ja Päikese vahel, põhjustab Maa kiirenduse

$$\omega^2 R_{or}$$

milles

$$\omega = 2\pi/T$$

Selle järgi saame:

$$M_M \omega^2 R_{or} = G \frac{M_M M_p}{{R_{or}}^2}$$

millest ongi võimalik välja arvutada Päikese mass. Analoogiliselt saab niimoodi välja arvutada ka teiste taevakehade massid.

Raske ja inertse massi võrdsust nimetatakse nõrgaks ekvivalentsusprintsiibiks, kuid tugevast ekvivalentsusprintsiibist järeldub valguskiire kõverdumine gravitatsiooni poolt.

Kuna gravitatsioonivälja eksisteerib aja dilatatsioon ja pikkuse kontraktsioon, siis ei saa aegruum olla enam eukleidiline (või pseudoeukleidiline) raskete masside läheduses. See tähendab seda, et aja aeglenemist ja pikkuste lühenemist gravitatsioonivälja kirjeldatakse kõvera geomeetriana. Kiirenevalt liikuvate süsteemide matemaatilisel kirjeldamisel jõutaksegi välja mittehomogeense aegruumi mõisteni. Igasuguse massi ümbruses hakkavad vastavalt raadiuse R-le aeg ja ruum kaduma, mida kirjeldatakse aegruumi kõverdusena. Näiteks mõne suure taevakeha Schwarzschildi raadiuse juures aega ja ruumi enam ei eksisteerigi. Massiivsete kehade ümber olevas kõveras aegruumis hakkavad vabad kehad liikuma kiirendusega. Sellega seletataksegi gravitatsiooni olemust. Kõveras aegruumis on vaba keha kiirendusega liikumine niisama iseenesest mõistetav nähtus nagu ühtlane sirgjooneline liikumine „sirges“ ehk eukleidilises aegruumis.

Gravitatsioonivälja on aegruumi kõverdus, mida põhjustavad väga rasked massid. See aegruumi kõverdus väljendub selles, et mida enam gravitatsioonivälja tsentri poole minna, seda enam aeg aegleneb ja kahe ruumipunkti vaheline kaugus väheneb. Selline aja ja ruumi teisenemine jätkub kuni teatud kauguseni tsentrist. Ja seda kaugust kirjeldab meile Schwarzschildi raadius R:

$$R = \frac{2GM}{c^2}$$

See raadius näitab kaugust gravitatsioonivälja tsentrist, et kust alates on aeg t ja ruum l teisenenud lõpmatuseni ehk kust alates avaldub aegruumi lõpmatu kõverdumine ehk aegruumi eksisteerimise absoluutne lakkamine:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{2GM}{c^2 r}}} = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{R}{r}}}$$

ja

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{2GM}{c^2 r}} = l_0 \sqrt{1 - \frac{R}{r}}$$

Ja seetõttu ei saa midagi eksisteerida näiteks musta augu ehk aegruumi augu Schwarzschildi raadiuse R sissepoole jäävas „piirkonnas“, mida vahel nimetatakse ka Schwarzschildi pinnaks. See tähendab ka seda, et mingisugust singullaarsust musta augu tsentris ei saa olemas olla. Singullaarsus on lihtsalt üks punkt, kust alates mõõdetakse Schwarzschildi raadius R, mis määrab ära musta augu ehk aegruumi augu „suuruse“ ehk sellise kujuteldava sfääri suuruse ruumis, kust alates aegruumi lõpmatu kõverus muutub tsentrist kaugenedes järjest tasasemaks. Seepärast ei saa musta augu mass eksisteerida Schwarzschildi pinna sees, vaid on sellest väljapool nii nagu tähtede ja planeetide korral. Schwarzschildi pind on täiesti kerakujuline ja see ei pöörle. See võib ainult tiirelda mõne teise taevakeha ümber.

Gravitatsioonivälja kui aegruumi kõveruse põhjustab ruumis eksisteeriv energia ja mass, mida kirjeldatakse aegruumi kõveruse geomeetriaga. Sündmuste koordinaatidel ei ole kõveras aegruumis enam meetrilist mõtet. Riemanni meetrika kirjeldab sündmuste vahelist kaugust ds:

$$(ds)^2 = \sum_{i=0}^{3} \sum_{k=0}^{3} g_{ik}(x) dx_i dx_k$$

Selles on $g_{ik}(x)$ funktsioon, mis sõltub kuueteistkümnest aegruumi punktist x ja seda nimetatakse meetrilise tensori g(x) komponentideks – meetriliseks tensoriks või lihtsalt meetrikaks. Meetriline tensor on sümmeetriline:

$$g_{ik} = g_{ki}$$

ja sellepärast on meetrilisel tensoril 10 sõltumatut komponenti, mis on igas aegruumi punktis. Taustsüsteemi ehk koordinaatsüsteemi valikust sõltub meetrilise tensori komponentide kuju. Kuid viimase valemi koordinaatsüsteemi valikust ei sõltu kahe sündmuse vaheline kaugus ehk intervall. Erinevad meetrilised tensorid g(x) kirjeldavad meetrikat, mis on erinevates kõverates aegruumides. Just aine ja energia eksisteerimine mõjutavad aegruumi geomeetriat ehk meetrikat. Samuti ka selle aine või energia liikumine aegruumis. Seda kirjeldavad matemaatiliselt A. Einsteini võrrandid:

$$G_{ik}\big(g(x)\big) = -\frac{8\pi G}{c^4}T_{ik} + \Lambda g_{ik}$$

kus g(x) on

$$g(x) = g_{ik}(x)$$

ja g_{ik} avaldub maatriksina järgmiselt:

$$g_{ik} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -r^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -r^2 sin^2\theta \end{pmatrix}$$

ning $g_{ik}(x)$ maatriksi kuju on

$$g_{ik}(x) = \begin{pmatrix} x_0 & x_1 & x_2 & x_3 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

milles meetrilise tensori g komponendid on vastavalt:

$$g_{00}(x) = 1$$

$$g_{10} = 0$$

$$g_{11} = -1$$

$$g_{22} = -1$$

$$g_{33} = -1$$

Einsteini võrrandis kirjeldab Λg_{ik} liige Universumis eksisteerivat tume energiat. G on sümmeetriline tensor, mida nimetatakse ka Einsteini tensoriks. Einsteini tensoril on aga 10 sõltumatut komponenti $G_{ik} = G_{ki}$. Need avalduvad meetrilise tensori g komponentide ja nende esimest ja teist järku tuletiste kaudu. Einsteini tensor kirjeldab seda, et kui kõver on aegruum. Energia-impulsstensor T on ka sümmeetriline tensor, millel on kümme sõltumatut komponenti:

$$T_{ik} = T_{ki}$$

Tensor T kirjeldab seda, et kuidas aine liigub aegruumis ja kuidas on jaotunud energia ja aine aegruumis. Need võrrandid on omavahel seotud kümne mittelineaarse teist järku osatuletistega diferantsiaalvõrrandite süsteemiga. Aine ja energia jaotus ja liikumine põhjustab aegruumi kõverust

– seda need võrrandid kirjeldavadki. Need võrrandid kirjeldavad ka kõvera aegruumi mõju aine – energia – jaotusele ja liikumisele. Tensor on füüsikalist või geomeetrilist suurust kirjeldav matemaatiline objekt. Koordinaatsüsteemi valikust sõltuvad tensorit kirjeldavad komponendid, kuid tensor ise ei sõltu koordinaatsüsteemi valikust. Need võrrandid kirjeldavad gravitatsioonivälja (ehk aegruumi kõveruse) tekitamist materiaalsete objektide poolt ja selle tekitatud välja mõjust objektide liikumisele.

Gravitatsioon on aegruumi kõverdus ehk seda kirjeldatakse aegruumi geomeetriaga. Gravitatsiooniväli ei ole energiaväli, sest see ei sisalda energiat ehkki keha omab potentsiaalset energiat gravitatsiooniväljas. Ja seega võime rääkida gravitatsioonist kui aegruumi väljast (ehk aja ja ruumi väljast). Universumis on olemas kahte liiki mateeria väljasid: energiaväljad ja aegruumiväljad.

Albert Einstein lõi oma üldrelatiivsusteooria inertse massi ja raske massi samasusele. See tähendab seda, et raske mass ja inertne mass on võrdsed ehk need kaks on tegelikult üks ja sama. Kuid erirelatiivsusteooriast on teada seda, et ka energia ja mass on tegelikult üks ja sama, mida tuntakse seoses:

$$E = mc^2$$

Sellest järeldub see, et kui mass on suuteline kõverdama aegruumi (mida kirjeldab meile üldrelatiivsusteooria), siis peab seda suutma ka energia. Seda sellepärast, et mass ja energia on ekvivalentsed suurused. Ka energiaga peaks kaasnema aegruumi kõverdus – nii nagu seda on suurte masside puhul. Analoogiliselt on see nii ka inertse massi ja raske massi korral. Näiteks elektromagnetväljal on energia (samuti ka mass ja impulss). See tähendab seda, et väli omab energiat. Elektromagnetväli on nagu energiaväli, mis ise ei ole tingitud aegruumi kõverdumisest (nagu seda oli gravitatsioonivälja puhul), kuid see väli suudab mõjutada aegruumi meetrikat.

2.2.18.17 Valguse tekkimine hyperruumi ehk väljaspool aegruumi

Elektromagnetismi õpetusest on teada, et piiratud ruumiosas toimuva elektromagnetvõnkumise tekitamiseks on vajalik suletud võnkering. Kuid ruumis lainena leviva võnkumise saamiseks tuleb järelikult kasutada avatud võnkeringi, mille korral elektromagnetväli ei jää enam võnkeringi detailide sisemusse. Võnkeringideks nimetatakse pendlilaadselt võnkuvaid elektrilisi süsteeme, mille võnkesagedus on määratud süsteemi omadustega. Lühidalt öeldes on võnkering elektromagnetismi õpetuse järgi induktiivpooli ja kondensaatorit sisaldav vooluring.

> Füüsikas talitleb avatud võnkeringina ka kaks metallvarrast (Hertzi vibraator või kahest vardast koosnev dipoolantenn). Kui laadida neid kahte metallvarrast vastandmärgiliselt läbilöögi pingeni, tekib varraste vahelises pilus sädelahendus (s.t. elektrivool). Vardad toimivad kui kondensaatori plaatidena. Varraste vahel eksisteeriv elektriväli muutus elektrivoolu läbimisel järsult. See kutsus esile elektromagnetlaine, mis ruumis edasi liigub. Tekkinud elektromagnetlainet on võimalik registreerida teise varraste paariga, mille vahel tekib siis säde. Tekkinud sädelahendus annab tunnistust elektromagnetlaine pärale jõudmisest.

Üldteada on seda, et muutuv elektriväli tekitab magnetvälja ja see muutuv magnetväli tekitab omakorda jälle elektrivälja jne jne. See tähendab, et elektromagnetilise võnkumise korral muutub potentsiaalne energia (ehk elektrostaatiline energia) perioodilise muundumisega kineetiliseks energiaks (ehk magnetiliseks energiaks) ja vastupidi edasi. Niiviisi on elektriväli ja magnetväli

omavahel lahutamatult seotud ja nad moodustavad kokku ühtse elektromagnetvälja. Elektromagnetväljad võivad aga eksisteerida elektromagnetlainetena. See tähendab seda, et muutuvad väljad hakkavad lainena edasi levima.

Kuid selliselt tekkivad elektromagnetlained ei ole aga ruumis püsivad. See tähendab seda, et need lained ei saa olla üksteise suhtes paigal, sest need liiguvad vaakumis kiirusega c. Sellisel juhul need lained hajuvad üksteisest ja lainete ehk väljade omavahelist konfiguratsiooni ei saa tekkida. Kuid peale elektri- ja magnetvälja omavahelise seose on need väljad seotud ka veel aegruumiga. Järelikult kui muutuvad väljad ajus ei põhjusta väljade eraldumist ajust, siis ehk väljade seos aegruumiga?

Näiteks elektromagnetlaine ja aegruumi omavahelises seoses ilmneb kolm väga olulist aspekti:

1. Valguse kiiruse c korral teisenevad aeg t ja ruum l lõpmatuseni ehk aja ja ruumi eksisteerimised lakkavad olemast:

$$t = \frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{t'}{0} = \infty$$

ja

$$l = l_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = l_0\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}} = l_0 * 0 = \frac{1}{\infty}$$

Valguse kiirusest c väiksematel kiirustel ei võrdu aja ja ruumi teisenemised enam lõpmatusega.

2. Kuid samas liigub valgus meie igapäevaselt tajutavas ruumis (s.t. tavaruumis) kiirusega c:

$$v = c$$

3. Valguse kui elektromagnetlaine tekkimine/sündimine toimub samuti valguse kiirusega c. Footonil ei ole seisumassi, mis tähendab seda, et ta ei saa eksisteerida paigalolekus. Footon omandab tekkimise hetkel kiiruse c. Neeldumisel annab footon oma energia sellele kehale, kus ta neeldus ja lakkab olemast.

Aeg ja ruum „lakkavad eksisteerimast“ niisamuti ka Plancki pikkuse l mõõtkavas:

$$l = \sqrt{\frac{Gh}{c^3}} = 1{,}616 * 10^{-35}\ m$$

mis tähendab seda, et Plancki pikkusest l väiksematel mõõtkavadel ei ole Universumil enam füüsikalist eksistensi. Niimoodi moodustab Plancki pikkus l väikseima võimaliku ruumi mõõtkava, mis hõlmab ühtlaselt kogu Universumi kolmemõõtmelist ruumi. Seda nimetame „Plancki pinnaks S“. See tähendab, et mida väiksemasse ruumi mõõtkavasse jõuda, seda lähemale jõuame Plancki pinnani S.

Plancki pikkuse l ja Plancki aja t jagatis annab meile valguse kiiruse c ehk „Plancki kiiruse v“:

$$v^2 = \frac{l^2}{t^2} = \frac{Ghc^5}{c^3Gh} = c^2$$

Plancki aja ja Plancki pikkuse olemasolu ehk selle tulenemine aegruumi füüsikast näitab, et hyperruumi dimensioon „eksisteerib“ väljaspool aegruumi, mida on võimalik mõista Plancki aja ja Plancki pikkuse „järgse“ dimensioonina. See tähendab seda, et hyperruum „algab“ sealt, kust lõpeb

meie tajutav aegruum. Meie tajutavat aegruumi „piirabki“ Plancki aeg ja Plancki pikkus ehk antud juhul valguse kiirus c.

Nendest tulenevalt võib öelda seda, et valgus (s.t. elektromagnetlaine) eksisteerib täpselt kahe dimensiooni (tavaruumi K ja hyperruumi K’) „vahelisel piiril“. See tähendab seda, et elektromagnetlaine eksisteerib täpselt mõlema dimensiooni (tavaruumi K ja hyperruumi K’) „piiri peal.“ Sellest tulenevalt võib väita seda, et valguse tekkimise ehk kiirgumise korral peaks valgus tekkima mõlemas dimensioonis korraga samaaegselt. See tähendab, et valgus tekib tavaruumis ja hyperruumis korraga samaaegselt ehk osa valgusest tekib tavaruumi ja teine osa hyperruumi.

> Selle illustreerimiseks toome järgnevalt välja ühe näite kahe tühja anumaga. Oletame, et meil on üksteisele kõrvuti paiknevat tühja anumat. Kui neisse lasta vett niimoodi, et vesi kallata täpselt kahe anuma piiril, siis tungib vesi korraga samaaegselt mõlemasse anumasse. Täpselt sama põhimõte on ka valguse tekkimisega ehk kiirgumisega Universumis. Valgus (s.t. elektromagnetlaine) eksisteerib täpselt kahe dimensiooni (tavaruumi K ja hyperruumi K’) „vahelisel piiril“, millest tulenevalt võib väita seda, et valguse tekkimise ehk kiirgumise korral peaks valgus tekkima mõlemas dimensioonis korraga samaaegselt ehk osa valgusest tekib tavaruumi ja teine osa hyperruumi.

Kui footonid „eralduvad“ hyperruumi, siis võib järeldada seda, et „kehast väljudes“ eksisteerib inimene valgusena ehk footonitest. See on väga oluline aspekt: footonit võib käsitleda elektromagnetlainena, näiteks valgusena.

> Kui virtuaalne footon tekib hyperruumi, mitte reaalne footon, siis võib järeldada seda, et kehast väljudes eksisteerib inimene valgusena ehk täpsemalt virtuaalsetest footonitest, mitte aga reaalsetest footonitest. See on väga oluline aspekt. Nii nagu reaalset footonit võib käsitleda elektromagnetlainena, nii võib ka virtuaalset footonit vaadelda elektromagnetlainena, näiteks valgusena. Pealegi virtuaalne footon kannab endas energiat ja impulssi sõltumatult.

Reaalse ja virtuaalse footoni vahe seisneb ainult selles, et kui reaalne footon võib meie aegruumis ehk tavaruumis eksisteerida kuitahes kaua, siis virtuaalset osakest ei ole võimalik tema eksisteerimise ajal tuvastada ega tema olemasolu katseliselt tõestada. Vastasel juhul oleks energia jäävuse seadus rikutud. Virtuaalne footon saab meie tajutavas aegruumis eksisteerida aja Δt jooksul:

$$\Delta t \geq h/\Delta E,$$

siis ei ole võimalik tuvastada energia jäävuse seaduse rikkumist. Siinjuures ei ole vahet, et kas inimene eksisteerib „kehast väljudes“ virtuaalsetest footonitest (ehk virtuaalse-elektromagnetväljana) või reaalsetest footonitest (ehk reaalse-elektromagnetväljana).

Kui reaalne footon võib eksisteerida meie tajutavas aegruumis ehk tavaruumis piiramatult kaua, siis virtuaalne footon aga ainult Δt jooksul, mida pole võimalik tuvastada. Kui virtuaalne footon ei saa eksisteerida meie tajutavas aegruumis kauem kui Δt vastavalt energia jäävuse seadusele, siis väljapool aegruumi ehk hyperruumis võib tema eksisteerimine kesta kuitahes kaua. Energia jäävuse seadust ei rikuta, sest sellist eksisteerimist ei ole võimalik katseliselt tuvastada, kui virtuaalne osake eksisteerib väljapool aega ja ruumi. Reaalse osakesega on täpselt samamoodi: reaalse footoni tekkimisel väljapoole aegruumi ehk hyperruumi võib see samuti eksisteerida lõpmatult kaua aega. Sellisel juhul ei eksisteeri footonid enam siis meie tajutavas aegruumis ehk tavaruumis.

Valgus tekib tavaruumis ja hyperruumis korraga samaaegselt ehk osa valgusest tekib tavaruumi ja teine osa hyperruumi. Valgus tekib kiirusega c ehk elektromagnetlaine/footoni tekkimisel hakkab see koheselt liikuma kiirusega c.

Valguse liikumist tavaruumi K ja hyperruumi K’ suhtes kirjeldabki eespool välja toodud matemaatiline analüüs, mida saab kasutada ka antud nähtuse korral. Järgnevalt esitamegi sellise

matemaatilise analüüsi, mis käsitleb valguse liikumist tavaruumi K ja hyperruumi K' suhtes. Kogu järgnev analüüs on põhimõtteliseks aluseks sellisele füüsikale, mis püüab kirjeldada inimese kehast väljumise füüsikalist võimalikkust. See tähendab seda, et väga paljud füüsikalised aspektid, mis nähtuvad inimese kehast väljumise ehk surmalähedaste kogemuste korral, on mõistetavad ja isegi tuletatavad just sellisest matemaatilisest analüüsist, mida me kohe järgnevalt esitamegi. Järgnevast matemaatilisest analüüsist on võimalik teha erakordselt palju ja olulisi järeldusi inimese kehast väljumise füüsikalise toimimise kohta.

Näiteks kui valgus tekib tavaruumi, siis see liigub tavaruumi suhtes kiirusega c. Näiteks kui pimedas toas panna lamp põlema, siis pime tuba muutub valgeks. Tavaruumi suhtes kiirusega c liikuv valgus on meile igapäevaselt tajutav valgus: näiteks elektripirni, lambi, küünla või Päikese valgus. Kui keha massiga m liigub tavaruumi K suhtes kiirusega c ehk v = c (näiteks footoni ehk valguse liikumine vaakumis), siis hyperruumi K´ suhtes on see keha paigal ehk v´ = 0. Eelnevalt tuletatud valemis

$$v = c\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

on sellisel juhul v = c:

$$v' = c\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}$$

ja saamegi hyperruumi K´ suhtes kiiruseks

$$v' = 0\,.$$

Reaalses maailmas tähendab see seda, et kui keha liigub vaakumis kiirusega c mistahes vaatleja suhtes, siis hyperruumi K´ suhtes on see keha paigal (s.t. „absoluutselt paigal"). Kuna keha m liigub sellisel juhul tavaruumi K suhtes kiirusega c ehk v = c, siis aeg on tavaruumi K suhtes teisenenud lõpmatuseni ehk $\triangle t = \infty$:

$$\triangle t = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{t}{0} = \infty$$

ja seetõttu saame hyperruumi K´ suhtes keha liikumiskiiruseks:

$$v = \frac{s}{\triangle t}$$

ehk

$$v' = \frac{ct}{\triangle t} = \frac{ct}{\infty} = 0\,.$$

See tähendab seda, et kui keha m on tavaruumi K suhtes liikumiskiiruseks c ehk v = c, siis hyperruumi K´ suhtes ei ole aeg teisenenud ehk $\triangle t = t$:

$$v = \frac{s}{\triangle t} = \frac{ct}{\triangle t} = c\,.$$

Kui aga keha m on hyperruumi K´ suhtes paigal ehk v´ = 0, siis tavaruumi K suhtes on aeg teisenenud lõpmatuseni ehk $\triangle t = \infty$:

$$v' = \frac{s}{\triangle t} = \frac{ct}{\triangle t} = \frac{ct}{\infty} = 0\,.$$

Reaalses maailmas tähendab see seda, et kui mingi keha liigub vaakumis kiirusega c, siis see on konstantne kiirus mistahes vaatleja jaoks, kes vaakumis parajasti eksisteerivad. See tuleneb otseselt sellest, et mida lähemale jõuame keha liikumiskiirusele c, seda aeglasemini kulgeb aeg välisvaatleja

suhtes. Kiirusel c liikudes läheb ajavahe △t lõpmata suureks ehk

$$\triangle t = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{t}{0} = \infty$$

ja see tähendab seda, et välisvaatleja suhtes kulgeb aeg lõpmata aeglaselt, kuid keha enda suhtes (nö. keha „omaajas“) kulgeb aeg lõpmata kiiresti. See tähendab seda, et keha jõuab omaajas tavaruumis K (näiteks vaakumis) mistahes ruumipunkti hetkega ehk lõpmata suure kiirusega: $v \longrightarrow \infty$. Kuid hyperruumi K´ suhtes on keha „absoluutselt“ paigal ja seetõttu ei ole hyperruumi K´ suhtes ka aja teisenemist ehk:

$$\triangle t = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{0^2}{c^2}}} = \frac{t}{1} = t\,.$$

See tähendab seda, et hyperruumi K` suhtes on keha kiirus „omaajas“ lõpmata väike.

Kui valgus tekib hyperruumi, siis liigub see hyperruumi suhtes kiirusega c, kuid tavaruumi suhtes on see paigal ehk kiirus võrdub nulliga. Sellisel juhul peaks valgus olema meile nähtamatu. Sellise nähtuse kohta analoogiat reaalses maailmas ei leidugi. Meie igapäevaselt tajutavas aegruumis (näiteks vaakumis) liigub valgus alati kiirusega c, kuid mustast august ei pääse valgus välja. Mustas augus oleks valgus „jäänud nagu seisma“.

> Ületada valguse kiirust vaakumis pole reaalselt võimalik, sest lõpmatut energiat pole kusagilt võtta. Sama on tegelikult ka musta auguga. Näiteks musta augu tsentrisse pole võimalik reaalselt liikuda, sest sarnaselt valguse kiirusega vaakumis aegleneb aeg ja lüheneb keha pikkus mustale augule lähenemisel. Seetõttu lähenedes mustale augule reisib keha ajas tulevikku ja musta augu servale ehk Schwarzschildi pinnani jõudmiseks peab keha rändama ajas lõpmata kaugesse tulevikku. Kuid ajas ja ruumis ei eksisteeri mitte miski lõpmata kaua – isegi mitte must auk ise, sest need aja jooksul „kvantaurustuvad“. Sellest järeldub, et mitte ükski keha tegelikult ei jõuagi mitte kunagi musta augu Schwarzschildi pinnani, kuna mustad augud jõuavad lihtsalt enne ära aurustuda.
>
> Kuid samas ei pääse musta augu tsentrist ka mitte miski välja, isegi mitte valgus. Täpsemalt öeldes pääseb valgus musta augu tsentrist välja, kuid see võtab lihtsalt lõpmata kaua aega.
>
> Mustad augud aja jooksul „kvantaurustuvad“, mida tuntakse „Hawkingi kiirgusena“. Selle käigus tekivad Schwarzschildi pinna lähedal vaakumis osakeste-antiosakeste paarid, mida põhjustab musta augu energia. Osakeste paarist langeb (kvantmehaanika järgi „negatiivse energiaga“) üks osake musta auku, kuid teine osake kiirgub mustast august eemale. Selline protsess põhjustabki musta augu energia ja seega ka massi vähenemist väga pika ajaperioodi jooksul, kuna mustal augul on „positiivne energia“.

Kui keha massiga m on tavaruumi K suhtes paigal ehk v = 0, siis hyperruumi K´ suhtes liigub see kiirusega v´ = c. Näiteks kui meie kiiruse teisenemise valemis

$$v = c\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

on kiirus v võrdne nulliga ehk

$$v' = c\sqrt{1 - \frac{0^2}{c^2}}$$

siis saamegi hyperruumi K´ suhtes kiiruseks c:

$$v' = c\,.$$

Reaalses maailmas tähendab see seda, et absoluutselt kõik kehad Universumis, millel on seisumass m_0 ja seega seisuenergia $E_0 = m_0c^2$, liiguvad valguse kiirusega c hyperruumi K´ suhtes, kuid samas võivad need meie tavaruumis K olla paigal. Ka valguse suhtes liiguvad kõik kehad kiirusega c. Kuna keha m on tavaruumi K suhtes paigal ehk v = 0, siis tavaruumi K suhtes ei ole aeg teisenenud ehk $\triangle t = t$:

$$\triangle t = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{0^2}{c^2}}} = \frac{t}{1} = t$$

ja seetõttu saamegi hyperruumi K´ suhtes keha liikumiskiiruseks:

$$v = \frac{s}{\triangle t}$$

ehk

$$v' = \frac{ct}{\triangle t} = c\,.$$

See tähendab seda, et kui keha m on tavaruumi K suhtes paigal ehk v = 0, siis hyperruumi K´ suhtes on aeg teisenenud lõpmatuseni ehk $\triangle t = \infty$:

$$v = \frac{s}{\triangle t} = \frac{s}{\infty} = 0\,.$$

Kui keha m liigub hyperruumi K´ suhtes kiirusega c ehk v´ = c, siis tavaruumi K suhtes ei ole aeg teisenenud ehk $\triangle t = t$:

$$v' = \frac{s}{\triangle t} = \frac{ct}{\triangle t} = c\,.$$

See tähendab seda, et kui esimesel juhul oli nii, et valgus liigub vaakumis ehk tavaruumis K kiirusega c, kuid hyperruumi K' suhtes oli kiirus võrdne nulliga, siis antud juhul liigub valgus hyperruumi suhtes kiirusega c ja tavaruumi suhtes võrdub kiirus nulliga.

Kui valguslaine liigub tavaruumi K suhtes kiirusega c, siis hyperruumi K´ suhtes on see valguslaine aga paigal ehk v = 0. Sellisel juhul eksisteerib valgus tavaruumis K ehk meie igapäevaselt tajutavas aegruumis, liikudes vaakumis kiirusega c. Kuid hyperruumis K´ teda ei eksisteeri. Kui aga valguslaine on tavaruumi K suhtes paigal, siis hyperruumi K´ suhtes liigub see valguslaine kiirusega c. Sellisel juhul eksisteerib see valguslaine hyperruumis ehk meie igapäevaselt tajutavast aegruumist väljapool, mitte enam tavaruumis. Hyperruumi dimensioon on aegruumi väline dimensioon, milles ei eksisteeri enam aega ega ruumi.

2.2.18.17.1 Footoni tekkimine hyperruumis: tõestus

Eespool oli kirjeldatud valguse ehk footoni tekkimist aegruumis ja aegruumist väljapool (hyperruumis) samaaegselt. Põhjenduseks toodi välja väide, et valguse osake footon eksisteerib täpselt kahe erineva dimensiooni piirimail: aegruumi ja aegruumi välise dimensiooni piiril. Seda näitab meile üsna veenvalt relatiivsusteooria ja ajas rändamise füüsikateooria. Seetõttu saabki väita, et footoni tekkimisega aegruumis peab seda tekkima samaaegselt ka aegruumist väljapool ehk seega hyperruumis. Kuid siinkohal tuleb tunnistada, et selline analüüs on pigem filosoofiline argumentatsioon, kui tõsiteaduslik analüüs. Järeldusele, et footon tekib ka hyperruumis, mitte ainult meile tuntud aegruumis, on võimalik sellegipoolest jõuda ka tõsiteadusliku analüüsi kaudu. Selleks tuleb kasutada relatiivsusteoorias ja ajas rändamise füüsikateoorias esinevaid mõisteid ning matemaatilist aparatuuri. Järgnevalt seda lähemalt vaatamegi.

Erirelatiivsusteoorias tõestatakse, et elektromagnetlaine ehk footon liigub vaakumis täpselt valguse kiirusega c ja seda mistahes vaatleja suhtes. See tähendab, et Universumis esineb valguse kiiruse konstantsuse printsiip. See tuleneb otseselt sellest, et valguse kiirusega liikuva keha jaoks on aeg teisenenud lõpmatuseni:

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}} = \infty$$

Kuid aines võib valguse kiirus olla väiksem võrreldes vaakumis liikuva valguse kiirusega. Footonil on olemas mass, kuid seisumass võrdub nulliga, mis tähendab seda, et footon ei saa olla paigal. Footoni tekkimise hetkel hakkab see koheselt liikuma valguse kiirusega c. Võib väita, et ka footoni (elektromagnetlaine) tekkimine aegruumis võtab aega ehk see toimub valguse kiirusega c.

Seisumassi puudumise tõttu ei saa footon tegelikult laguneda, kuna footonist kergema seisumassiga osakest ei ole Universumis olemas. Footoni seisumass võrdub nulliga, mistõttu ei saa footon olla paigal. See peab liikuma pidevalt valguse kiirusega c. Footon ei saa laguneda ka seetõttu, et liikudes valguse kiirusega c „seisab“ aeg tema suhtes paigal vastavalt erirelatiivsus-teooriale. See tähendab, et footon jõuab „omaajas“ mistahes Universumi punkti kõigest 0 sekundiga. Sellest tulenevalt toimub kiirgumine ja neeldumine footoni suhtes samaaegselt jätmata vahepeal võimalust lagunemiseks.

Footoni kiirgumine toimub aegruumis. See tähendab, et footoni kiirgumise all mõeldakse selle tekkimist aegruumis. Kuid footoni neeldumise all mõeldakse selle eksisteerimise lakkamist aegruumis, ehkki tema energia võib üle kanduda mõnele teisele kehale, mis eksisteerib aegruumis. Aegruumis eksisteerimise lakkamise all võib tegelikult mõista ka tekkimisena väljaspool aegruumi, mis tegelikult tingibki aegruumis eksisteerimise lakkamise. Kuna footoni kiirgumine ja neeldumine toimuvad footoni suhtes täpselt samal ajahetkel, siis seega võib põhimõtteliselt väita, et footoni tekkimine aegruumis ja footoni tekkimine aegruumist väljapool toimuvad samuti samaaegselt. Footoni kiirgumise ja neeldumise samaaegsus tähendab seda, et tekkimine on võrdne lakkamisega ja lakkamine on võrdne tekkimisega, mistõttu võib seda tõlgendada ka nii, et iga footoni kiirgumise ehk tekkimise korral aegruumis peab seda tekkima samal ajal ka aegruumist väljapool, mis meie mõistes samastub see footoni neeldumisena.

Aegruumis eksisteerimise lakkamise all võib tegelikult mõista ka tekkimisena väljaspool aegruumi, mis tegelikult tingibki aegruumis eksisteerimise lakkamise. Sellise väite paremaks mõistmiseks toome välja järgmise lühikese füüsikalise analüüsi. Kiirgumine ja neeldumine toimuvad footoni jaoks täpselt samal ajahetkel. See tähendab matemaatiliselt seda, et neeldumine võrdub kiirgumisega. Kuna footoni kiirgumise all mõeldakse selle tekkimist ja neeldumise korral lakatakse eksisteerimast aegruumis, siis sellisel juhul saabki neeldumise all mõista aegruumis eksisteerimise lakkamisena, kuid tekkimisena väljaspool aegruumi. Kuna neeldumise korral lakkab footon aegruumis eksisteerimast, kuid neeldumine võrdub kiirgumisega ehk tekkimisega, siis jääbki alles ainult selline võimalus, et footon tekib ka väljaspool aegruumi, mitte ainult aegruumis. Relatiivsusteooria piirdub aegruumi lõpmata teisenemisega, kuid ajas rändamise füüsikateooria näitab, et aegruumi väline dimensioon ongi hyperruum, milles esinebki aegruumi lõpmata teisenemine. See tähendab, et footoni tekkimist aegruumis ja aegruumist väljapool saab mõista

ainult siis, kui relatiivsusteooriat ja ajas rändamise füüsikateooriat käsitletakse koos. Siinkohal olgu öeldud, et relatiivsusteooria on oma olemuselt ajas rändamise füüsikateooria osa või allharu. Näiteks klassikaline mehaanika on relatiivsusteooria erijuht.

Kuna kiirgumine võrdub neeldumisega ja neeldumine võrdub kiirgumisega, siis seega footoni neeldumise korral aegruumis peaks ka sellega kaasnema footoni tekkimine hyperruumis, mitte ainult footoni kiirgumisega aegruumis. Selline asjaolu võib esmapilgul tekitada teatud segadusi või kahtlusi, kuid järgnevalt näitame, et see ei olegi tegelikult niivõrd ebareaalne. Näiteks kui valgus langeb keha pinnale, siis osa valgusest neeldub ja osa peegeldub tagasi. Peegelduv valgus, mis jõuab inimese silmadesse, võimaldabki tekitada inimese ajus nägemise aistingut. Kui footon neeldub keha pinnal, siis see saab neelduda ainult tervikuna. See tähendab seda, et kui elektron neelab footoni, siis elektroni energia suureneb fotoefekti seaduse järgi täpselt E = hf võrra. Elektroni energia suurenemise korral muutub elektroni elektriväli. Välja muutus tekitab lokaalses ruumipiirkonnas elektromagnetlaine, mille sagedus f on võrdne neelduva valguse sagedusega. Elektromagnetlainet saab käsitleda kvantfüüsika järgi footonina, mille tekkimisega aegruumis peakski kaasnema ka footoni tekkimine hyperruumis ehk aegruumist väljapool.

Footoni jaoks toimuvad kiirgumine ja neeldumine täpselt ühel ja samal ajahetkel, kuid need toimuvad erinevatel ajahetkedel paigalseisva vaatleja suhtes, näiteks inimese suhtes. Omaajas jõuab footon mistahes ruumipunkti Universumis kõigest 0 sekundiga ehk seega silmapilkselt, kuid paigalseisva vaatleja suhtes liigub footon aegruumis alati valguse kiirusega c. Tekib küsimus, et kumb reaalsus on ikkagi „õigem“? Vastus sellele küsimusele on see, et... mõlemad. Relatiivsusteoorias kirjeldatavad aja ja ruumi teisenemised ei ole kindlasti illusionaarsed ehk näilised või ebareaalsed, vaid need on täiesti reaalsed nähtused. See on kindel. Seda näitab meile näiteks väga hästi kaksikute paradoksi juhtum, mis on küll hüpoteetiline, kuid relatiivsusteooria poolt kindlalt ennustatav. Seetõttu võime teha usaldusväärseid järeldusi kiirgumise ja neeldumise kohta, mis toimuvad ühe ja sama footoni jaoks ühel ja samal ajahetkel.

Albert Einsteini erirelatiivsusteoorias kirjeldatakse kaksikute paradoksi juhtumit. Näiteks kui üks kaksikvendadest läheb kosmosereisile ja naaseb hiljem Maale tagasi, siis ei ole vennad enam täpselt ühevanused. Kosmoserändur on jäänud vennast nooremaks. Teoreetiliselt võib vanusevahe suurendada piiramatult. „Kaksikute paradoks“ on Albert Einsteini erirelatiivsusteoorias kirjeldatud aja aeglustumise ehk aja dilatatsiooni efekt. Näiteks mida lähemale liigub inimene valguse kiirusele vaakumis, seda aeglasemini ta ka vananeb välisvaatleja suhtes. Kuna aegruumist väljaspool ehk seega hyperruumis aega ega ruumi ei eksisteeri, siis sellele lähenedes aeglenebki inimese vananemine.

2.2.18.17.2 Valetõlgenduste tekkimise oht

Eespool me kirjeldasime ja põhjendasime elektromagnetlainete tekkimist hyperruumi ehk väljapoole aegruumi. Elektromagnetlainete tekkimised hyperruumi on kahtlemata füüsikaliseks aluseks inimese reaalsele kehast väljumisele, kuid sellega võivad kaasneda valed arusaamad, mis vajavad lähemat selgitamist. Seetõttu püüamegi järgnevalt ümber defineerida mõned valed arusaamad, mis võivad tekitada lugejates palju küsimusi:

> Eespool me esitasime väite, et hyperruumis ei eksisteeri aega ega ruumi ehkki me kasutame terminit „hyperruum“, mis sisaldab ruumi mõistet. Aja ja ruumi mitteeksisteerimine hyperruumis tuleneb sellest, et ajas rändamise füüsikateooria järgi on hyperruumis võimalik teleportreeruda ruumis ja ajas. See tähendab seda, et meie tajutavas ajas ja ruumis teleportreerumine toimub läbi hyperruumi, mille korral eksisteerivad füüsikalised kehad seisumassiga m hyperruumis 0 sekundit, kuid võivad „selle aja jooksul“ liikuda ühest ajahetkest teise või ühest ruumipunktist teise.

Teleportatsioon on kehade liikumise vorm, mis ei võta enam aega. Seda võimaldab hyperruumi ehk aegruumi väline dimensioon, mida võib sellest hoolimata ettekujutada erinevates füüsikalistes mudelites kolmemõõtmelise koordinaadistikuna.

Kui valgus liigub tavaruumi K suhtes valguse kiirusega c, siis hyperruumi K' suhtes on see paigal. Eespool me väitsime, et valguslaine eksisteerib sellisel juhul tavaruumis, kuid hyperruumis teda ei eksisteeri. Siinkohal peab sellist väidet lähemalt selgitama. Kuna tavaruum liigub hyperruumi suhtes kiirusega c ja hyperruum ning tavaruum on üksteise paralleeldimensioonid, siis seega füüsikalised kehad ja nähtused, mis eksisteerivad tavaruumis, eksisteerivad tegelikult ka hyperruumis. Kuid kehad, mis eksisteerivad hyperruumis, ei pruugi alati eksisteerida ka tavaruumis.

Kui valguslaine on hyperruumi K' suhtes paigal, siis tekib selline küsimus, et mis mõttes paigal? Kuidas saab valgus olla hyperruumi suhtes paigal, kui see liigub tavaruumi suhtes ehk meie igapäevaselt kogetavas ruumis (näiteks vaakumis) valguse kiirusega c? Selle mõistmine on tegelikult väga lihtne. Kuna vaakumis liigub valgus tõepoolest kiirusega c, siis selle tulemusena avaldub valguse jaoks lõpmatu aja teisenemine:

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \infty$$

Selle tulemusena võrdub valguse omaaeg nulliga t = 0, mis võimaldab valgusel jõuda mistahes Universumi ruumipunkti omaajas kõigest 0 sekundiga ehk silmapilkselt. Selles mõttes ongi valgus paigal ja seda siis hyperruumi suhtes, mitte tavaruumi suhtes.

Kui inimene „väljub" oma kehast, siis eksisteerib inimene hyperruumis elektromagnetlainetena ehk valgusena. Sellisel juhul võib „inimest" käsitleda „valgusolendina". Siinkohal võiks mainida seda, et valgusolendeid on kirjeldatud ka kristlaste pühakirjas Piiblis. Näiteks Piibel ütleb, et ülesäratatud Jeesus Kristus „elab ligipääsmatus valguses" ja et teda „ükski inimene pole näinud ega saagi näha". (Viide: 1. Timoteosele 6:16).

„Valgusolendi" mõiste võib esmapilgul tunduda fantaasiaromaanist võetud terminina (ehkki seda mõistet kasutatakse tõepoolest paljudes fantaasiaromaanides), kuid tegelikult sobib sellist terminit kasutada ka inimese kehast väljumise oleku kirjeldamiseks. Kuna kehast väljunud olekus eksisteerib inimese teadvus ja psüühiline tegevus ainult elektromagnetlainetena, mida võime ettekujutada valguslainetena, siis sellest tulenevalt näeb inimene välja „valgusväljana". „Valgusväli" on ruumiosa, kust lähtuvad valguskiired. Näiteks meie taevas paistev Päike on tegelikult mõistetav samuti valgusväljana, kuna see on taeva osa, kust lähtuvad valguskiired. Kehast väljudes on inimesed ennast kirjeldanud valgusena ja ka näinud teisi „olendeid", kes kiirgavad valgust ja astuvad kontakti kehast väljunud inimesega. Seetõttu võibki kasutada „valgusolendi" mõistet ka kehast väljumise teaduslikes kirjeldustes ehkki seda kasutatakse väga paljudes fantaasia- ja haldjaromaanides.

Kui footonid „eralduvad" hyperruumi, siis võib järeldada seda, et „kehast väljudes" eksisteerib inimene valgusena ehk footonitest. Kui virtuaalne footon tekib hyperruumi, mitte reaalne footon, siis võib järeldada seda, et kehast väljudes eksisteerib inimene valgusena ehk täpsemalt virtuaalsetest footonitest, mitte aga reaalsetest

footonitest. Nii nagu reaalset footonit võib käsitleda elektromagnetlainena, nii võib ka virtuaalset footonit vaadelda elektromagnetlainena, näiteks valgusena.

Mitte igasugune elektromagnetlaine ei ole valgus ehk valguslaine. Kogu elektromagnetlainete lainepikkuste skaala jääb umbes 10^{-12} – 10^{4} meetri vahele, kuid nähtav valgus hõlmab sellest ainult 380 – 760 nanomeetrit. Siin ja edaspidi nimetame mistahes elektromagnetlainet valguseks ainult „tinglikult“, kuna mistahes elektromagnetlaine korral on siiski tegemist „footoniga“, mida mõistetakse kvantfüüsikas just „valguse osakesena“.

Tegelikult väljad ei eraldu inimese ajust. See on illusioon. Väljad tekivad hyperruumi ehk väljapoole aegruumi inimese elektrilise närvitalitluse käigus. See tähendab seda, et väljad ei liigu otseselt ühest dimensioonist teise, vaid elektromagnetlaine tekkimisega tavaruumis tekib see kohe automaatselt ka hyperruumi, kuna elektromagnetlaine eksisteerib täpselt nende kahe dimensiooni piiril. Inimese elektrilise närvitalitluse käigus tekivad elektromagnetlained peale aju ruumi ka veel hyperruumi ehk väljapoole aegruumi. Seetõttu kirjutamegi sõna „eralduma“ jutumärkides, kuna me kasutame seda sõna siiski ka edaspidi.

> Väljad tegelikult ei saagi otseselt liikuda ühest dimensioonist teise, kuna sellisel juhul väli kaob/lakkab olemast ühes dimensioonis ja seejärel tekib väli teises dimensioonis, kusjuures need kaks erinevat dimensiooni ei ole omavahel füüsiliselt kontaktis. See on aga vastuolus mehaanilise energia jäävuse seadusega, mis ütleb meile seda, et energia ei kao ega teki juurde, vaid see muundub ühest liigist teise.
>
> See tähendab, et otsest „eraldumist“ oma kehast inimene tegelikult ei tunneta. Tajutakse seda, et ollakse äkki lahus oma kehast. See viitabki elektromagnetlainete tekkimisele hyperruumis, mitte elektromagnetlainete „eraldumisele“ tavaruumist hyperruumi ehk ühest dimensioonist teise. Näiteks peaaegu kõikidel juhtudel ei mäleta inimesed oma kehast väljumise tunnet. Enamasti mäletatakse seda, et alguses (nagu ikka veidi aega enne surma) piineldakse hirmsate valude käes, mida vigastatud inimese keha põhjustab ja pärast seda tuntakse äkki, et ollakse oma enda kehast lahus. Sellega kaasneb imeline kaalutuse tunne ja erakordne võimalus reaalselt oma keha eemalt näha. See näitab ka seda, et inimene väljub oma kehast teadvusetus seisundis. See tähendab seda, et kehast väljumise hetkel on teadvus lakanud eksisteerimast ja see taas hakkab eksisteerima alles kehast lahus olles, kui inimene tunneb ennast kehast lahus olevana.

2.2.18.17.3 Mõisted

Surmalähedaste kogemustega juhtumite kontekstis võib kasutada kahte erinevat mõistet, mis üksteisega sarnanevad, kuid sisult on erinevad: tehisintellekti ja kehavälise intellekti mõiste. Tehisintellekti mõistet kasutatakse arvutite, programmeerimise ja robotite valdkonnas, mille korral luuakse teadvus tehislikult arvutiprogrammidega. Sellist tehisteadvust võivad omada robotid ja androidid. Tehisintellekt võib eksisteerida ka lihtsalt arvutis, mille korral saab inimene sellega suhelda. Kuid kehaväline intellekt ei ole tehisintellekt. Kehavälise intellekti mõistet kasutatakse siis, kui inimene eksisteerib kehavälises olekus. See ei ole seotud robotitega ega mingite muude mehhatrooniliste olenditega.

Inimkonna folkloor tunneb ja kirjeldab paljusid olendeid, kellega on inimesed ajaloos väidetavalt kokku puutunud. Neid nimetatakse vaimudeks, hingedeks, tontideks, deemoniteks, poltergeistideks, rändajateks, hõljujateks, lendajateks, kodukäijateks, valgusolenditeks, kummitusteks, ingliteks, jumalateks, kuraditeks jne. Teades ja tundes inimeste surmalähedaste kogemustega juhtumeid, siis võib ilmselt kindlalt väita, et kõik need mõisted on seotud tegelikult ainult ühe fenomeniga: inimese kehavälise olekuga.

Nii inimkonna folklooris kui ka üldiselt on arvatud, et kehast väljunud inimese keha on „vaimkeha“. Vaimkeha on selline mõiste, mida kasutatakse siis, kui inimene on väljunud oma füüsilisest kehast. Kuid vaimkeha võib eksisteerida ka siis, kui inimesel esineb bioloogiline keha. Sellisel juhul „asub“ vaim või hing kuskil ajus. Inimese kehast väljumise füüsikateooria järgi ei ole hinge ega vaimu tegelikult olemas. See, mis näiliselt „väljub“ inimese kehast, on füüsikalised energiaväljad. Sellisteks energiaväljadeks on elektromagnetväljad, mis ei ole üldsegi müstilised ega ebamaised nähtused, vaid täitsa tavalised mateeria vormid.

Kuna kehavälises olekus eksisteerib inimene elektromagnetlainete väljana ja mitte mingisuguse muu mateeria vormina, siis sellisel juhul võib kasutada „valgusolendi“ mõistet. Valgusolend on selline eluvorm, mis eksisteerib ainult valgusena, koosnemata rakulisest ehitusest. Kvantfüüsika järgi on mistahes elektromagnetlaine samas ka osake nimega footon ja surmalähedaste kogemustega juhtumites on inimesed näinud nii ennast kui ka teisi ainult valgusena. Footonit peetakse füüsikas enamasti just valguse osakeseks. Seetõttu võib nimetada kehast väljunud inimest ka „valgusolendiks“ ehkki sellist terminit kasutatakse sageli ka fantaasiakirjanduses, para- ja pseudoteadustes. Inimese kehast väljumise füüsikateoorias on sellise mõiste kasutamine aga teaduslikult põhjendatud.

Kui inimene on kehast väljunud, siis arvatakse, et tal ei ole enam „füüsilist keha“. See ei ole tegelikult päris õige. Bioloogilise keha kohta saab tõepoolest öelda, et tegemist on „füüsilise“ kehaga, kuna see on „aineline“, koosnedes aineosakestest ja rakkudest. Kuid kehavälises olekus eksisteerib inimene tegelikult samuti füüsilise kehana ehkki aineosakesi sellisel juhul enam ei esine. Kehavälises olekus eksisteerib inimene elektromagnetlainete väljana ja seda hyperruumis. Kuna elektromagnetlaine on energiaväli, mis on mateeria üks põhivormidest, siis seega võibki öelda, et kehast väljudes omab inimene samuti füüsilist keha. Elektromagnetlaine on mateeria osa, kuna mateeria põhivormideks on aine ja väli. Selles mõttes on ka valgus nö. „füüsiline“. Bioloogiline keha koosneb aineosakestest, kuid kehavälises olekus eksisteerib inimene valguse osakestena, kuna elektromagnetlaine on samas ka osake, mida nimetatakse kvantfüüsikas „footoniks“. Footon ei ole aineosake, vaid see on väljaosake.

2.2.18.18 Hyperruum ja ajas eksisteerimine

Reaalsuses avaldub tavaruumi K ja hyperruumi K’ kinemaatiline süsteem Universumi kosmoloogilise paisumisena. Tavaruum K koos valguslainetega, mis on tekkinud hyperruumis, liiguvad hyperruumi K’ suhtes valguse kiirusega c. Need liikumised toimuvad alati ühes kindlas suunas ehk mööda hyperruumi kujutava koordinaadistiku x-koordinaati, mida kujutatakse erinevatel joonistel. See tähendab, et hyperruumis tekkiv valguslaine hakkab tekkimise hetkel koheselt liikuma tavaruumiga kaasa kiirusega c. See tuleneb otseselt aja kulgemise suunast, mille korral kulgeb aeg Universumis minevikust tulevikku. See tähendab, et isegi hyperruumis eksisteeriv valguslaine peab alluma nö „ajanoole seaduspärasusele“ ja see väljendubki tavaruumiga kaasa liikumisena hyperruumis.

Kui elektromagnetlained tekivad hyperruumis, siis sellegipoolest „säilib“ nende jaoks ajas eksisteerimine ehk nende kulgemine minevikust tulevikku. See tähendab seda, et valguslained, mis tekivad hyperruumis, ei saa liikuda ajas minevikku ega tulevikku ehkki hyperruum on selline

dimensioon, milles on võimalik liikuda ajas minevikku ja tulevikku. Selline asjaolu tuleneb otseselt sellest, et valguslained, mis tekivad hyperruumis, jäävad tavaruumi suhtes paigale, kuid tavaruum ise liigub hyperruumi suhtes kiirusega c. Tavaruum „liigub“ ainult ühes suunas ja see põhjustabki tavaruumis „ajanoole“ olemasolu, mis väljendubki füüsikaliste nähtuste eksisteerimises minevikust tulevikku. Sellest tulenevalt eksisteerib aeg ka kõikidele neile kehadele, mis „liiguvad“ tavaruumiga kaasa hyperruumi suhtes kiirusega c.

> Näiteks surmalähedaste kogemustega inimesed on oma ütlustes kinnitanud, et kehast väljudes nad hõljuvad oma füüsilise ehk bioloogilise keha kohal või lihtsalt liiguvad oma elustamisruumis ringi kohtudes teiste inimestega, kes haigla palatis parajasti viibivad. See näitabki, et kehast väljunud inimesele eksisteerib samuti aeg ehkki ta on ise väljaspool aegruumi.

Hyperruumi K` ja tavaruumi K füüsikalise süsteemi järgi eksisteerib tavaruumis K aeg ja ruum. Kuna aeg ja ruum on olemas ehk need eksisteerivad tavaruumis, siis peaksid kehtima selles ka tuntud jäävuseseadused. Erinevad jäävuseseadused tulenevad just aja ja ruumi erinevatest omadustest, mis omakorda aga eeldavad aja ja ruumi olemasolu. Väljaspool aegruumi ehk hyperruumis ei eksisteeri enam aega ega ruumi, mis viitab ka sellele, et seal ei kehti jäävuseseadused.

Erinevad jäävuseseadused on tuletatavad aja ja ruumi erinevatest omadustest. Näiteks kui me oletame, et meil on mingisugune füüsikaline süsteem, mis koosneb n-arvust kehast, siis süsteemi muutumise korral muutuvad ka kehade füüsikalised olekud (s.t. suurused). Kuid selleks tehakse tööd ja see töö summeerub iga süsteemi kuuluva keha tööga A. Kuna kõik ajahetked on samaväärsed, siis antud süsteemiga ei juhtu mitte midagi. Arvestades võrdust dA = 0, jõu definitsiooni klassikalisest füüsikast ja liitfunktsiooni tuletuste reegleid diferentsiaalmatemaatikast, siis saadakse matemaatiliselt: dA = 0 ehk dE = 0, mis aga tähendab energia jäävuse seadust:

$$\int dE = E = const.$$

See tähendab seda, et energia jäävuse seadus tuleneb ajahetkede samaväärsusest.

Kui aga vaatleksime füüsikalist süsteemi mõnest teisest ruumipunktist, kuid kõik muu jääb samaks, ja tähistaksime ds-iga kaugust esialgse vaatluspunkti ja selle teise ruumipunkti vahel, siis süsteemi kuuluvad kehad peaksid nihkuma just selle ds-i võrra:

$$ds_1 = ds_2 = \cdots = ds_n = ds.$$

Kuna süsteemi vaatlemisel erinevatest vaatluspunktidest ei juhtu süsteemi endaga mitte midagi, siis seega saadakse seos, mis näitab impulsi jäävuse seadust, kuna see rahuldaks võrrandit:

$$\int dp = p = const.$$

See tähendab seda, et impulsi jäävuse seadus tuleneb ruumipunktide samaväärsusest.

Kui aga vaatleksime füüsikalist süsteemi mõnest teisest suunast, mille korral jääb kõik muu jälle samasuguseks ja dα näitab kaugust esialgse ning uue vaatenurga vahel, siis ringjoone kaare pikkuse ja kesknurga vahel kehtiks seos:

$$ds_i = r_i d\alpha.$$

Kuid süsteemi endaga ei juhtu mitte midagi, kui me näeme seda erinevatest vaatenurkadest. Seega dA = 0 põhjal saadakse matemaatiliselt selline seos, mis näitaks meile juba impulsimomendi jäävuse seadust:

$$\int dL = L = const.$$

See tähendab seda, et impulsimomendi jäävuse seadus tuleneb ruumisuundade samaväärsusest.

Elektrilaengute jäävuse seadus tuleneb mitmesugustest sümmeetriaomadustest, mida me siin pikemalt lahkama ei hakka.

Valguslainete tekkimine aegruumist väljapool ehk hyperruumis on aluseks inimese kehast väljumise füüsikale. Inimene eksisteerib kehavälises olekus valguslainetena ja seetõttu võib kehast väljunud inimest nimetada ka „valgusolendiks“. Valgusolend on ainult elektromagnetlainetena eksisteeriv eluvorm, mis ei koosne aatomitest ega molekulidest ning nende süsteemidest. Võib öelda, et valgusolendi moodustavad ainult footonid, mis on valguse osakesed. Inimesed, kes on üle elanud surmalähedased kogemused, on kirjeldanud sageli ennast just valgusena ja ka näinud teisi valgusolendeid, kes kehast väljunud inimest tervitama tulevad.

Valgusolend eksisteerib aegruumist väljapool ehk hyperruumis, kuid sellest hoolimata eksisteerivad aeg ja ruum valgusolendi poolt kiiratavate valguslainete jaoks. Tegemist ei ole tavaruumiga ehk meie igapäevaselt kogetava aegruumiga, vaid see tuleneb otseselt erinevate elektromagnetlainete liikumistest üksteise suhtes, kuna aeg ja ruum on eelkõige liikumisest põhjustatud illusioonid Universumis. Valgusolendi poolt kiiratavad elektromagnetlained liiguvad kiirusega c ja mitte otseselt üksteise suhtes, vaid kõik elektromagnetlained liiguvad ühe korraga hyperruumi suhtes ja tavaruumiga kaasa. Tavaruum ise liigub samuti hyperruumi suhtes kiirusega c.

> Aeg ja ruum on suhtelised nähtused. Albert Einsteini erirelatiivsusteooriast on teada, et näiteks liikuva rongi lähenemisel valguse kiirusele vaakumis aegleneb rongis olev aeg välisvaatleja suhtes, kuid rongi sees olevale vaatlejale kulgeb rongis olev aeg ehk nö. „omaaeg“ normaalset jadapidi. Analoogne nähtus esineb ka valgusolendi füüsika korral. Näiteks valgusolend eksisteerib aegruumist „väljapool“ ehk ajatu ja ruumitu dimensioonis (hyperruumis), kuid valgusolendi poolt kiiratavate valguslainete jaoks eksisteerib tegelikult ka aegruum, täpsemalt „oma aegruum“, mida ei tohi segamini ajada meie igapäevaselt kogetava „tavaruumiga“.

2.2.18.19 Aja ja ruumi teisenemised erinevates dimensioonides

Kui keha liigub vaakumis kiirusega c, siis see on konstantne kiirus mistahes vaatleja jaoks, kes vaakumis parajasti eksisteerivad. See tuleneb otseselt sellest, et mida lähemale jõuame keha liikumiskiirusele c, seda aeglasemini kulgeb aeg välisvaatleja suhtes. Kiirusega c liikudes läheb ajavahe $\triangle t$ lõpmata suureks:

$$\triangle t = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \infty$$

ja see tähendab seda, et välisvaatleja suhtes kulgeb aeg lõpmata aeglaselt, kuid keha enda suhtes (nö. keha „omaajas“) kulgeb aeg lõpmata kiiresti. See tähendab seda, et keha jõuab omaajas tavaruumis K (näiteks vaakumis) mistahes ruumipunkti hetkega ehk lõpmata suure kiirusega.

Kui keha massiga m on tavaruumi K suhtes paigal ehk v = 0, siis hyperruumi K´ suhtes liigub see kiirusega v´ = c. Näiteks kui meie kiiruse teisenemise valemis

$$v = c\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

on kiirus v võrdne nulliga ehk

$$v' = c\sqrt{1 - \frac{0^2}{c^2}}$$

siis saamegi hyperruumi K´ suhtes kiiruseks c:

$$v' = c\,.$$

Reaalses maailmas tähendab see seda, et absoluutselt kõik kehad Universumis, millel on seisumass m_0 ja seega seisuenergia $E_0 = m_0c^2$, liiguvad valguse kiirusega c hyperruumi K´ suhtes, kuid samas võivad need meie tavaruumis K olla paigal. Ka valguse suhtes liiguvad kõik kehad kiirusega c. Kuna keha m on tavaruumi K suhtes paigal ehk v = 0, siis tavaruumi K suhtes ei ole aeg teisenenud ehk $\triangle t = t$:

$$\triangle t = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{0^2}{c^2}}} = \frac{t}{1} = t$$

ja seetõttu saamegi hyperruumi K´ suhtes keha liikumiskiiruseks:

$$v = \frac{s}{\triangle t}$$

ehk

$$v' = \frac{ct}{\triangle t} = c\,.$$

See tähendab seda, et kui keha m on tavaruumi K suhtes paigal ehk v = 0, siis hyperruumi K´ suhtes on aeg teisenenud lõpmatuseni ehk $\triangle t = \infty$:

$$v = \frac{s}{\triangle t} = \frac{s}{\infty} = 0\,.$$

Kui keha m liigub hyperruumi K´ suhtes kiirusega c ehk v´ = c, siis tavaruumi K suhtes ei ole aeg teisenenud ehk $\triangle t = t$:

$$v' = \frac{s}{\triangle t} = \frac{ct}{\triangle t} = c\,.$$

See tähendab seda, et kui esimesel juhul oli nii, et valgus liigub vaakumis ehk tavaruumis K kiirusega c, kuid hyperruumi K’ suhtes oli kiirus võrdne nulliga, siis antud juhul liigub valgus hyperruumi suhtes kiirusega c ja tavaruumi suhtes võrdub kiirus nulliga.

Kui keha liigub hyperruumi K’ suhtes valguse kiirusega c, kuid tavaruumi K suhtes on see paigal, siis avalduvad sellised aja ja ruumi teisenemised, mis on „vastupidised“ vaakumis liikuva valguse kiirusega c esinevatele aja ja ruumi teisenemistele. Näiteks tavaruumi suhtes aja teisenemist ei toimu, kuna keha liikumiskiirus võrdub sellisel juhul nulliga:

$$\triangle t = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{0}{c^2}}} = t$$

Kuid hyperruumi suhtes on aeg teisenenud lõpmatuseni, kuna liikumiskiirus võrdub valguse kiirusega c:

$$\triangle t = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \infty$$

Näiteks mida lähemale jõuame keha liikumiskiirusele c hyperruumis, seda „normaalsemalt“ kulgeb aeg ehk liikumine läheneb aja ja ruumi dimensioonile, milleks ongi tavaruum. Liikudes hyperruumis valguse kiirusega c läheb ajavahe △t lõpmata väikeseks, kuna sellisel juhul võrdub see paigalolekuga tavaruumis:

$$\triangle t = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{0}{c^2}}} = t$$

See tähendab füüsikaliselt seda, et kui keha on hyperruumis paigal, siis esinevad aja ja ruumi lõpmatud teisenemised, näiteks aeg on aeglenenud lõpmatuseni. Kuid valguse kiirusega liikumise korral hyperruumis ei avaldu enam aja ja ruumi teisenemised, kuna sellisel juhul on keha tavaruumi suhtes paigal. Tavaruumis eksisteerivad aeg ja ruum. Seetõttu eksisteerivad aeg ja ruum (ilma igasuguse teisenemiseta) ka nendele kehadele, mis liiguvad tavaruumiga kaasa kiirusega c.

> Kui keha on hyperruumis paigal, siis on näiteks aeg aeglenenud lõpmatuseni ehk seega aega ei eksisteeri. Kui aga keha liigub hyperruumis valguse kiirusega c, siis sellisel juhul kulgeb aeg normaalset jada pidi ehk aeg ei ole aeglenenud. Tavaruumis esinevad sellised nähtused (aja ja ruumi teisenemised) täpselt vastupidi. Näiteks kui vaakumis on keha paigal, siis aeg ei ole aeglenenud. Kui aga keha liigub vaakumis valguse kiirusega c, siis aeg on aeglenenud lõpmatuseni ehk seega aja eksisteerimine on lakanud.

Kuna kehast väljunud inimene (ja ka teised valgusolendid) liiguvad tavaruumiga kaasa valguse kiirusega c, siis seega võib öelda, et kehast väljunud inimene eksisteerib ajas ja ruumis, mis ei ole meie igapäevaselt kogetav aegruum. Seda võib mõista „oma-aegruumina“, milles esineb kehaväline eksisteerimine. See tähendab seda, et kehast väljunud inimene eksisteerib ajas ja ruumis, mis „asub“ meie igapäevaselt kogetavast aegruumist (ehk tavaruumist) väljapool. Seetõttu jääb kehtima üldine põhimõtteline arusaam, et inimese kehaväline eksisteerimine esineb ikkagi väljaspool aegruumi. Kui aga väljendada spetsiifilisemalt, siis tasub mõista nii, et kehaväline eksisteerimine esineb ajas ja ruumis, mis „asub“ väljaspool tavaruumi. Kuid põhimõte eksisteerimisest aegruumist väljapool jääb tegelikult ikkagi samasuguseks.

> Mõiste „oma-aegruum“ tuleb Albert Einsteini relatiivsusteooriast. Näiteks kui keha liigub vaakumis valguse kiirusega c, siis aeg on välisvaatleja suhtes aeglenenud lõpmatuseni. Sellisel juhul jõuab keha välisvaatleja suhtes mistahes ruumipunkti valguse kiirusega c. Kuid „oma-ajas“ jõuab keha mistahes ruumipunkti kõigest 0 sekundiga ehk silmapilkselt. Selles seisnebki „oma-aja“ mõiste.

Kui valguse osake footon liigub hyperruumi suhtes kiirusega c, kuid tavaruumi suhtes on see paigal, siis seega ei saa selline footon enam eksisteerida tavaruumis. Sellisel juhul eksisteerib footon ainult hyperruumis. See tuleneb sellest, et footoni seisumass võrdub relatiivsusteooria järgi nulliga, mistõttu ei saa valgus olla vaakumis paigal. Nullist erineva seisumassi korral saaks valgus olla vaakumis paigal. Kui aga valgus oleks tavaruumi suhtes paigal, siis seega ei saa see eksisteerida tavaruumis energia ja massi jäävuse seaduse tõttu. Põhjus seisneb selles, et valguse seisumass, mis võrdub nulliga, ei saa tekkida järsku mittemillestki.

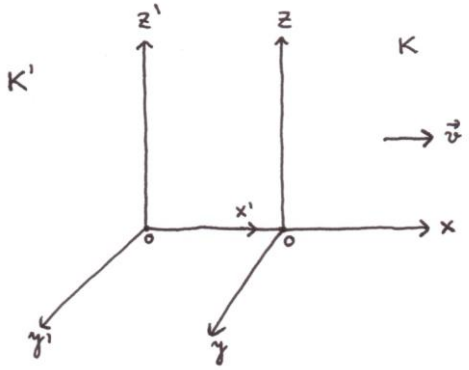
Mõiste „vaakum“ tähendab füüsikas „tühja ruumi“, milles ei ole olemas ainet (aatomeid ega molekule). Küll aga võib vaakumis eksisteerida energiaväli, näiteks elektriväli või magnetväli. Kuid ajas rändamise füüsikateoorias võib mõiste „vaakum“ tähendada ka „tavaruumi“. See tähendab, et sageli on „vaakum“ ja „tavaruum“ teoorias samatähenduslikud mõisted. Mainida tasub, et vaakumit ei eksisteeri hyperruumis.

Peab ära märkima, et ka valguse suhtes liiguvad Universumis kõik kehad kiirusega c. Sellest võib jääda ekslik mulje, et hyperruumi ja tavaruumi füüsikalist süsteemi polegi tegelikult vaja. Piisab ainult sellest, kui me arvestame sellise füüsikaga, mille korral liiguvad kõik kehad Universumis valguse suhtes kiirusega c. Tegelikult ei ole see õige. Põhjus seisneb selles, et hyperruumi ja tavaruumi füüsikaline süsteem, mis on aluseks kogu ajas rändamise füüsikateooriale, on palju sügavam füüsika ja palju kaugemale ulatuvate tagajärgedega füüsikaline mudel, mille korral saab seletuse väga paljud füüsikanähtused. Kui me arvestaksime ainult kehade liikumistega valguse suhtes, siis me sellega väga kaugele ei jõuaks. Mõned lihtsad füüsikanähtused saaks küll seletatud, kuid paljud teised jääksid seletuseta.

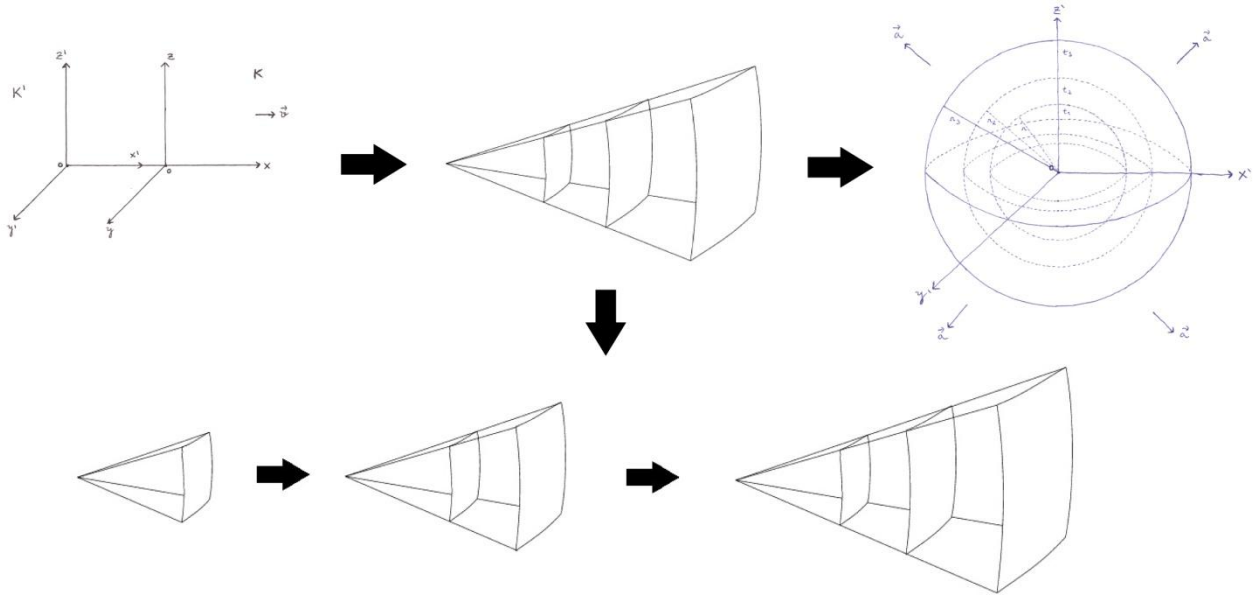
2.2.18.20 Elektromagnetlainete vektoriaalsus

Kui elektromagnetlaine tekib hyperruumi, siis kohe pärast tekkimist hakkab see liikuma hyperruumi suhtes kiirusega c, kuid tavaruumi suhtes jääb see paigale, kuna tavaruum ise ka liigub hyperruumi suhtes kiirusega c. Selline asjaolu põhjustab „elektromagnetlainete mittehajumist üksteisest“, mida me kohe järgnevalt hakkame pikemalt analüüsima.

Näiteks vastavalt ajas rändamise füüsikateooriale seisneb Universumi kosmoloogiline paisumine aja, ruumi ja liikumise omavahelisel fundamentaalsel füüsikalisel seosel, mis mudelites väljendub hyperruumi (ajatu ja ruumitu dimensiooni) ja tavaruumi (meie kogetava ruumi) liikumissüsteemina: tavaruum „liigub“ hyperruumi suhtes kiirusega c. Hyperruum K’ ja tavaruum K ei ole taustsüsteemid (ei inertsiaal- ega ka mitteinertsiaaltaustsüsteemid), joonis:



Tavaruumi K ja hyperruumi K´ füüsikaline süsteem avaldub looduses Universumi kosmoloogilise paisumisena, joonis:



Tavaruumi tekkiv elektromagnetlaine liigub ruumis edasi, kuna footonid ei saa olla paigal, sest neil puudub seisumass ja sellest tulenevalt ka seisuenergia:

$$E = mc^2$$

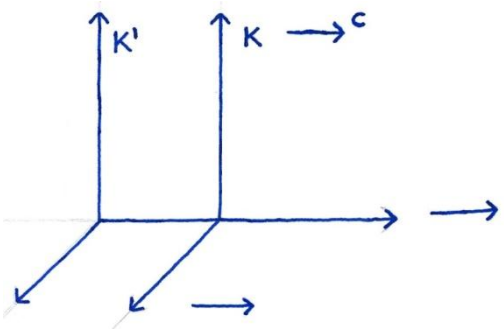
Seetõttu ei ole tavaruumi tekkivad elektromagnetlained, mis võivad samuti inimese ajust eralduda, ruumis püsivad. See tähendab seda, et need lained ei saa olla üksteise suhtes paigal, sest need liiguvad vaakumis ja ka õhus kiirusega c. Sellisel juhul need lained hajuvad üksteisest ajust eraldumisel ja lainete ehk väljade omavahelist konfiguratsiooni ei saa tekkida, millel võiks baseeruda inimese psüühika ja teadvus.

> Võib eeldada, et üks kord tekkinud elektromagnetlaine ei kao kuhugi, vaid see igavesti eemaldub allikast valguse kiirusega (näiteks vaakumis). Sellise kiiruse tõttu me seda kätte enam kunagi ei saa. Näiteks saatejaama sulgemise korral (ehk välja allika kadumise korral), ei saa me enam TV saadet näha. Vastuvõtt on sellisel juhul võimatu, ehkki see väli veel ruumis levib. Elektromagnetlaine jookseb meist lihtsalt mööda. Näiteks kui me vaatame läbi teleskoobi peeglit, mis on pandud Maast umbes 10 valgusaasta kaugusele, siis peaksime nägema umbes 20-ne aasta taguseid sündmusi Maal. Valgus (kui elektromagnetlaine) levib vaakumis konstantse kiirusega c, kuid aines liigub valgus sellest väiksema kiirusega. Mida lähemale jõuab

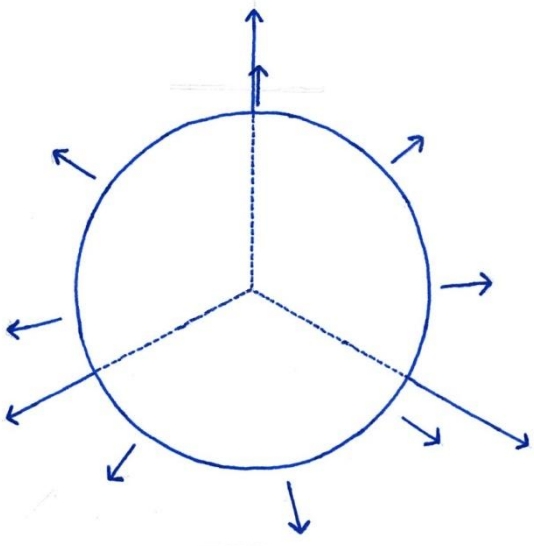
keha liikumiskiirus valguse kiirusele vaakumis, seda enam aeglasemalt liigub aeg ja seda enam keha pikkus lüheneb. Sellepärast ei saagi valgus olla mitte kunagi paigal.

Ajas rändamise füüsikateooriast järeldub, et igasugune füüsiline keha või osake, mis satub väljapoole aegruumi (s.t. hyperruumi) ehk satub kinnise aegruumi lõkspinna „sisse“, rändab (teleportreerub) ruumis või ajas. Kui aga väli tekib väljapoole aegruumi ehk hyperruumi, siis see väli ei liigu ajas ega teleportreeru meie tajutavas ruumis (s.t. tavaruumis), vaid hoopis vastupidi, tekkinud väli jääb hyperruumi dimensiooni eksisteerima ja jäävalt püsima näiteks surnud inimese keha kohale või selle lähedusse. Miks valgus jääb niimoodi eksisteerima hyperruumi dimensioonidesse, ei osatud pikka aega usutavat seletust anda. Nüüd aga hyperruumi ja tavaruumi kontekstist lähtudes tulenebki see asjaolust, et hyperruumi tekkinud footon hakkab liikuma hyperruumi suhtes kiirusega c, mille tulemusena jääb footon tavaruumi suhtes paigale, kuna tavaruum liigub ka ise hyperruumi suhtes kiirusega c.

Aeg, ruum ja liikumine on omavahel fundamentaalselt seotud, mis ajas rändamise füüsikateooria mudelites väljendub hyperruumi K’ (ajatu ja ruumitu dimensiooni) ja tavaruumi K (meie igapäevaselt kogetava ruumi) liikumissüsteemina: tavaruum „liigub“ hyperruumi suhtes valguse kiirusega c, kusjuures hyperruum K’ ja tavaruum K ei ole taustsüsteemid (ei inertsiaalsed ega ka mitteinertsiaalsed taustsüsteemid). Seda kirjeldab meile järgmine joonis:



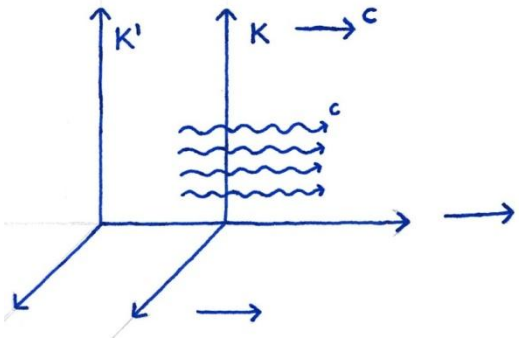
Käesolevas töös on kõik joonised „illustratiivsed“. Tavaruumi K ja hyperruumi K´ kinemaatiline süsteem avaldub looduses Universumi kosmoloogilise paisumisena. Seetõttu kujutame eelmist joonist järgmiselt:



Tavaruumi ehk meie igapäevaselt kogetavasse ruumi tekkiv elektromagnetlaine liigub ruumis edasi, kuna footonid ei saa olla paigal, sest neil puudub relatiivsusteooria arusaamade järgi seisumass ja sellest tulenevalt ka seisuenergia $E = mc^2$.

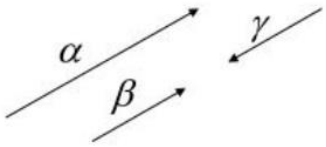
Kui elektromagnetlaine tekib hyperruumi ehk väljapoole aegruumi, siis kohe pärast tekkimist

hakkab see liikuma hyperruumi suhtes kiirusega c, kuid tavaruumi suhtes jääb see paigale, kuna tavaruum ise ka liigub hyperruumi suhtes kiirusega c. Selline asjaolu põhjustabki „elektromagnet-lainete mittehajumist üksteise suhtes“. Valguslainete omavektorid ei liigu sellisel juhul hyperruumis sihitult ringi, vaid nende liikumised on suunatud hyperruumist tavaruumi, mis füüsikaliselt väljendubki tavaruumiga kaasa liikumisena hyperruumi suhtes kiirusega c. Seda kirjeldab meile visuaalselt näiteks järgmine joonis:

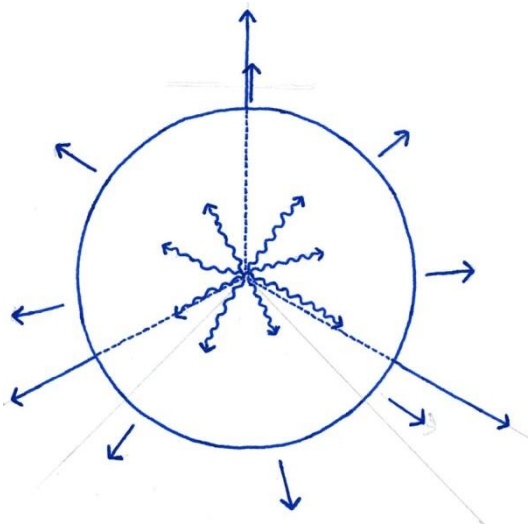


Siinkohal peab selgitama, et liikumises on valguslained, mitte nende „omavektorid“. Vektor ehk geomeetriline vektor on füüsikas kasutatav suurus, millel on pikkus, siht ja suund ning mis on nende andmetega täielikult määratud. Kaks vektorit loetakse seega võrdseks, kui nende siht, suund ja pikkus ühtivad. Vektoreid, mille sihid ühtivad, nimetatakse matemaatikas kollineaarseteks. Vektorid, mis on üksteise suhtes paralleelsed, nimetatakse samuti kollineaarseteks vektoriteks. Antud juhul ongi meil tegemist kollineaarsete vektoritega.

Näiteks järgmisel joonisel on näha vektoreid α, β ja y, mille sihid on kõikidel ühesugused, kuid y suund on erinev ülejäänutest:



Viimasest joonisest on näha, et tavaruum K koos valguslainetega, mis on kujutatud laineliste nooltena, liiguvad hyperruumi K’ suhtes valguse kiirusega c. Kõik liikumised toimuvad ühes kindlas suunas. See tuleneb aja kulgemise suunast, mille korral kulgeb aeg minevikust tulevikku. Kuna reaalsuses avaldub tavaruumi K ja hyperruumi K’ kinemaatiline süsteem Universumi kosmoloogilise paisumisena, siis õigem joonis oleks esitatav järgmiselt:



Sellisel joonisel on näha kera paisumist koos valguslainete liikumistega. Kõik valguslained liiguvad kera tsentrist eemale. Kera paisumine illustreerib antud juhul Universumi kosmoloogilist paisumist, mille korral on kera ruumala erinevatel ajahetkedel erinev. Lainelised nooled illustreerivad valguslaineid. Joonise kaudu on selgelt näha, et kui kera paisumiskiirus ja valguslainete liikumiskiirused omavahel võrduvad, siis on võimalik järeldada, et valguslained ei haju üksteisest eemale paisuva kera suhtes.

Universumi kosmoloogilist paisumist kujutatakse erinevates mudelites kera paisumisena, millel on olemas paisumistsenter. Kuid reaalsuses ei ole Universumi paisumisel tsentrit, mis tähendab seda, et kogu Universumi ruum paisub ajas kõikjal korraga. Kuna Universumil ei ole tsentrit ega paisumiskeset, siis „piltlikult“ võib öelda nii, et Universumi tsenter asub kõikjal ehk see „täidab“ kogu meie Universumi ruumi, mille tulemusena paisub kogu Universumi ruum kõikjal ühekorraga. Võib ka nii öelda, et Universumi tsentrit võime tegelikult ise ära määrata, mingite oluliste kosmoloogiliste või astrofüüsikaliste mõõtmiste jaoks.

Näiteks kui paisuva kera tsenter punkt K koordinaatidega

$$K_0(\,x,y,z\,)$$

„täidaks kogu ruumi“, siis seega peaks neid olema lõpmatult palju. Iga üks neist oleks oma kera tsenter ja kerasid oleks sama palju kui punkte. Matemaatiliselt kirjeldaks seda järgmine summa avaldis:

$$K_0 + K_1 + K_2 + K_3 + \cdots + K_n = V = \sum_{i=0}^{n} K_i \ , \qquad n = \infty$$

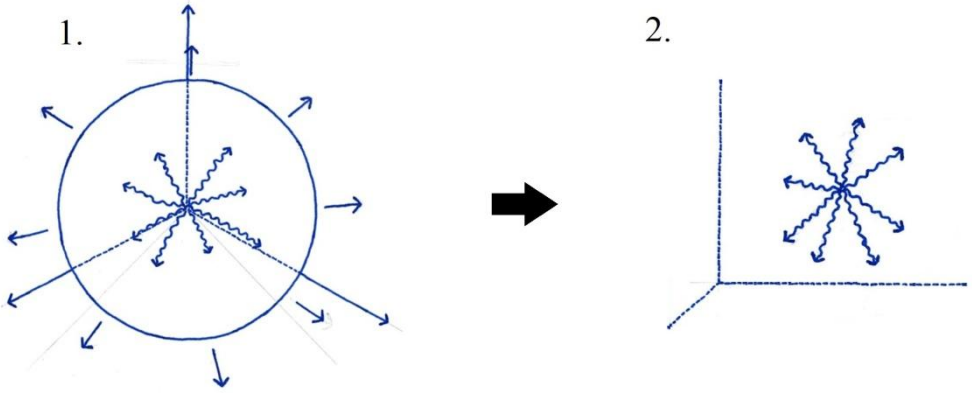
ehk lahti kirjutatuna

$$(x_0, y_0, z_0) + (x_1, y_1, z_1) + (x_2, y_2, z_2) + \cdots + (x_n, y_n, z_n) = V = \sum_{i=0}^{n} K_i \, , \qquad n = \infty.$$

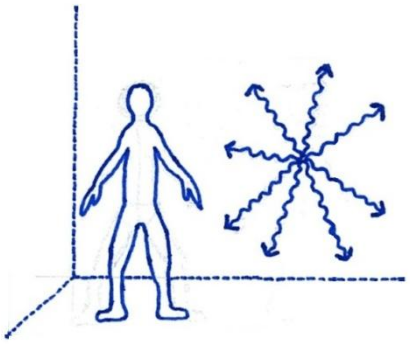
Niimoodi paisuks kogu Universumi ruum ühe korraga. Pole olemas paisumiskeset ega mingisugust eelistatud suunda. Kogu Universumi ruum V koosneks nagu lõpmata paljudest paisumistsentritest:

$$V = \sum_{i=0}^{n} K_i$$

Kuna liikuvad valguslained ei haju üksteisest eemale paisuva kera suhtes (1) ja Universumi kosmoloogilisel paisumisel ei ole tegelikult paisumistsentrit, siis seega saamegi lõpptulemuseks üksteisest mittehajuvad valguslained näiliselt keset mittepaisuvat neljamõõtmelist aegruumi (2), mis on füüsikaliseks aluseks mistahes valgusolendi moodustamisele hyperruumis ehk aegruumist väljaspool. Joonis:



See tähendab seda, et ruumipiirkond, milles eksisteerivad lugematul hulgal üksteisest mittehajuvaid elektromagnetlaineid, võib eksisteerida näiteks otse inimese kõrval, kuid inimene ise seda ei näe ega taju. Joonis elavast inimesest ja paigalolevast valguslainete ruumiosast, mida elav inimene ei näe:



Siinkohal on oluline mõista, et hyperruum ja tavaruum on üksteise paralleeldimensioonid (mitte taustsüsteemid), mis tähendab seda, et hyperruumis eksisteeriv valgus ei ole nähtav tavaruumis, kuid samas eksisteerib see näiliselt ka tavaruumis. Selles seisnebki erinevate dimensioonide paralleelne olek üksteise suhtes.

Hyperruumi tekkivad elektromagnetlained, mis võivad inimese ajust „eralduda“, saavad tavaruumi suhtes olla püsivad. See tähendab seda, et need lained on üksteise suhtes paigal ehk need lained ei haju ajust eraldumisel üksteisest laiali. Sellisel juhul saab tekkida lainete ehk väljade omavaheline konfiguratsioon, millel võiks baseeruda inimese psüühiline ja teadvuslik tegevus.

Kuid tekib küsimus, et kui valgusolend eksisteerib „väljaspool aegruumi“ ehk hyperruumis, siis miks see valgusolend läheb sellegipoolest näiteks planeedi Maa liikumisega kaasa? Näiteks kehast väljudes hõljub inimene oma enda füüsilise keha kohal. Kui miski eksisteerib „väljaspool aegruumi“ (ehk seega hyperruumis), siis see ei saa olla enam „kontaktis“ Universumi aegruumiga. Näiteks kui sõitvast rongist väljub keha, siis see keha ei liigu liikuva rongiga enam kaasa. Seletus seisneb selles, et valgusolend küll eksisteerib tõepoolest „väljaspool aegruumi“ (ehk hyperruumis), kuid samas „liigub“ ta tavaruumiga kaasa (ehk allub Universumi kosmoloogilise paisumise üldisele liikumisele). See tulenebki otseselt sellest, et valgusolendi kiiratavad valguslained liiguvad hyperruumis tavaruumiga kaasa. Seetõttu saabki valgusolend olla näiliselt mingi suvalise Universumi aegruumi punkti suhtes paigal (liikudes planeedi Maaga kaasa ehk tegelikult Universumi kosmoloogilise paisumise üldise liikumisega).

Sellega analoogne seaduspärasus esineb ka inimese reaalse ajas rändamise korral. Näiteks kui inimene otsustab rännata ajas minevikku Prantsusmaa pealinnas Pariisis, siis ta ka satub möödunud ajahetkesse Pariisi, mitte Londonisse ega Moskvasse. See tähendab seda, et ajaränduri liikumise trajektoor ajas (ehk seega hyperruumis) on sirge ehk lineaarne. Keerulisi liikumistrajektoore (nagu näiteks planeedi Maa liikumine maailmaruumis tähtede suhtes) ajaränduri korral teadaolevalt ei esine. Seda näitaksid reaalsed ajarännud. Reaalne ajas rändamine ei avaldu nõnda, et kui rännatakse ajas minevikku, siis jõutakse küll soovitud aega, kuid mitte samasse asukohta. Ajarändur liigub hyperruumis ehk ajas ainult lineaarselt. Kehade asukohtade muutused (s.t. kehade liikumised) Universumis ei põhjusta sellise asukoha muutumist, kuhu ajarännak parajasti sooritada tahetakse. Näiteks kui inimene sooritab planeedil Maa ajarännaku minevikku, siis ajas ta küll jõuab soovitud aega, kuid leiab ennast hoopis keset avakosmost, sest planeet Maa on kosmoses juba eest ära liikunud. Sellist ajarännakut reaalselt tegelikult ei eksisteeri.

Valgusolendi elektromagnetlained ei haju üksteisest eemale ümbritsevasse „ruumi“. Sellisele seaduspärasusele on kindel vaatuslik kinnitus:

1. Näiteks surmalähedaste kogemustega ehk SLK-kogemustega inimesed on oma ütlustes kinnitanud, et kehast väljudes nad hõljuvad oma füüsilise ehk bioloogilise keha kohal või lihtsalt liiguvad oma elustamisruumis ringi kohtudes teiste inimestega, kes haigla palatis parajasti viibivad.

2. Kui kehast väljunud inimene hõljub oma „surnud“ keha kohal, siis seega peab see kehast väljunud inimene kuidagi liikuma Maaga kaasa nii nagu me kõik, kes sellel planeedil kõnnivad. See on vaatuslik fakt, mis tähendab seda, et kehast väljunud inimene eksisteerib küll ajatu ja ruumitu dimensioonis (mitte meie kogetavas aegruumis), kuid sellegipoolest „liigub“ ta Maaga kaasa. Kui ta seda ei teeks, siis leiaks ta end keset tühja kosmost. Planeet Maa omakorda liigub kosmoses kaasa koos Linnutee galaktika liikumisega ja kuni Universumi paisumisega. See tähendab, et kehast väljunud olekus „liigub“ inimene Universumi paisumisega kaasa hoolimata sellest, et ta eksisteerib väljaspool aega ja ruumi.

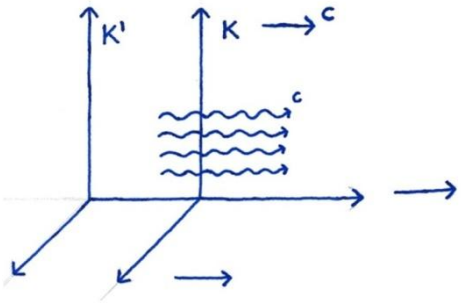
3. Vastavalt ajas rändamise füüsikateooriale seisneb Universumi kosmoloogiline paisumine aja, ruumi ja liikumise omavahelisel fundamentaalsel füüsikalisel seosel, mis mudelites väljendub hyperruumi (ajatu ja ruumitu dimensiooni) ja tavaruumi (meie kogetava ruumi) liikumissüsteemina: tavaruum „liigub“ hyperruumi suhtes kiirusega c.

4. Sellest tulenevalt järeldub, et kui kehast väljunud inimene hõljub oma keha kohal, siis seega liigub ta tavaruumiga kaasa hyperruumi suhtes kiirusega c, ehkki ta eksisteerib hyperruumis, mitte tavaruumis. Kui juba „keha“, mis on surnud kehast „väljunud“, liigub tavaruumiga kaasa, siis peab seda tegema ka kiiratavad valguslained, millel tegelikult põhinebki kehast väljunud füüsiline olek. Siit järeldubki otseselt see, et valguslainete omavektorid ei liigu hyperruumis sihitult ringi, vaid nende liikumised on suunatud hyperruumist tavaruumi, mis füüsikaliselt väljendubki tavaruumiga kaasa liikumisena hyperruumi suhtes kiirusega c.

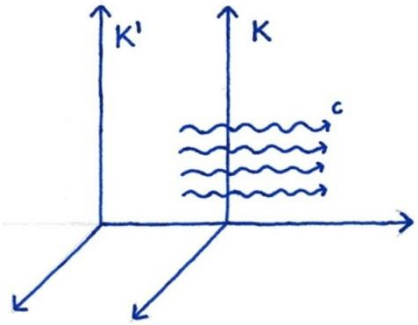
Joonis Kehavälises olekus hõljutakse sageli oma füüsilise keha läheduses.

Foto allikas: https://www.youtube.com/watch?v=teTiwmd1IRk&list=PLA98B856DB742F5A5&index=2

Hyperruumi tekkiv elektromagnetlaine (näiteks valgus) hakkab koheselt liikuma valguse kiirusega c ja seda hyperruumi K' suhtes. Kuna tavaruum K liigub samuti kiirusega c hyperruumi suhtes, siis seega liiguvad tavaruum K ja elektromagnetlaine mõlemad kiirusega c. Seetõttu on need üksteise suhtes paigal. Seda kirjeldas meile eespool esitatud joonis, millel oli näha nooltega tähistatud vektoreid:



Kui aga tavaruum peaks olema hyperruumi suhtes paigal, mitte liikuma kiirusega c, siis sellisel juhul liiguks hyperruumi tekkiv elektromagnetlaine koheselt hyperruumist tavaruumi ehk ühest dimensioonist teise. Seda kirjeldaks joonis, millel puuduksid nooltega tähistatud vektorid:



Sellisel juhul näeksime hyperruumi tekkivat elektromagnetlainet ka meie igapäevaselt kogetavas ruumis ehk tavaruumis. Kuid tegelikkuses liigub tavaruum hyperruumi suhtes ikkagi valguse kiirusega, mille tõttu hyperruumi tekkivat valgust me tavaruumis ei näe. Kuid sellisest mõttelisest eksperimendist lähtudes ongi võimalik arusaada ka niimoodi, et valgusolend eksisteerib hyperruumis ainult valgusena, kiirates „ümbritseva ruumi suunas“ elektromagnetlaineid. See tähendab, et kehast väljunud inimene kiirgab oma valguslaineid hyperruumis (ehk aegruumist väljapool) ümbritseva aegruumi „suunas“, mis eksisteerib paralleelselt hyperruumi „kõrval“. Hyperruum ja tavaruum on üksteise paralleeldimensioonid.

> See tähendab, et elektromagnetlaine liigub Universumi paisumisega kaasa hoolimata sellest, et see eksisteerib väljaspool aega ja ruumi, mitte aegruumis. Sellisel juhul

saab väita, et valguslaine pärale jõudmine meie kogetavasse aegruumi võtab lõpmatult kaua aega ja seetõttu on selline valgus meile kui elavatele inimestele aegruumis nähtamatu. Ainult niimoodi on võimalik inimese kehast väljunud kiiratavate valguslainete koospüsimine, et need üksteisest laiali ei hajuks.

Valgusolendi elektromagnetlained ei haju üksteisest eemale ümbritsevasse „ruumi“. Näiteks surmalähedaste kogemustega ehk SLK-kogemustega inimesed on oma ütlustes kinnitanud, et kehast väljudes nad hõljuvad oma bioloogilise keha kohal või lihtsalt liiguvad oma elustamisruumis ringi kohtudes teiste inimestega, kes haigla palatis parajasti viibivad.

Valgusolend eksisteerib „väljaspool aegruumi“ (ehk hyperruumis K’), kuid samas „liigub“ ta tavaruumiga kaasa (ehk allub Universumi kosmoloogilise paisumise üldisele liikumisele). Selline asjaolu tulenebki otseselt sellest, et valgusolendi valguslained liiguvad hyperruumis tavaruumiga kaasa kiirusega c. Seetõttu saabki valgusolend näiliselt mingisuguse suvalise Universumi aegruumi punkti suhtes olla paigal (liikudes näiteks planeedi Maaga kaasa ehk tegelikult Universumi kosmoloogilise paisumise üldise liikumisega).

Valguslaine ei saa olla paigal ja seega hakkab see kohe pärast tekkimist liikuma hyperruumi suhtes kiirusega c. Valgusolend kiirgab ümbritsevasse „ruumi“ valgust, kuid mitte nii nagu seda teeb näiteks meie eluruumides olev elektripirn. Valgusolend eksisteerib hyperruumis ehk ajatu ja ruumitu dimensioonis, mis tähendab omakorda seda, et valgust ei kiirata ümbritsevasse ruumi tavamõistes (nagu elektripirni korral me seda mõistame), vaid valgusolend kiirgab valgust hyperruumis „enda ümbritseva tavaruumi suunas“. See tähendab seda, et valgusolendi elektromagnetlaine vektor on suunatud mööda hyperruumi dimensioone niimoodi, et nii valguslaine kui ka tavaruum liiguvad mõlemad hyperruumi suhtes kiirusega c. Piltlikult võib mõista ka nii, et valgus püüab musta augu tsentrist välja pääseda. Ainult niimoodi on võimalik, et valguslained ei haju üksteisest laiali nagu seda on näiteks elektripirni korral, kui see panna põlema.

Valgusolend eksisteerib hyperruumis ainult valgusena, kiirates „ümbritseva ruumi suunas“ elektromagnetlaineid, kuid mitte nii nagu seda teeb näiteks elektripirn. Elektripirn või hõõglamp kiirgab ümbritsevasse ruumi valguslaineid, mis on meile nähtav ja tajutav. Kuid kehast väljunud inimene kiirgab valguslaineid hyperruumis (s.t. aegruumist väljapool) ümbritseva aegruumi „suunas“, mis eksisteerib paralleelselt hyperruumi „kõrval“. Sellisel juhul võtab valguslaine pärale jõudmine meie kogetavasse aegruumi lõpmatult kaua aega ja seetõttu on selline valgus meile kui elavatele inimestele nähtamatu. Ainult nii on võimalik kehast väljunud inimese kiiratavate valguslainete koospüsimine, et need üksteisest laiali ei hajuks nii nagu seda on näiteks elektripirni kiiratava valguse korral.

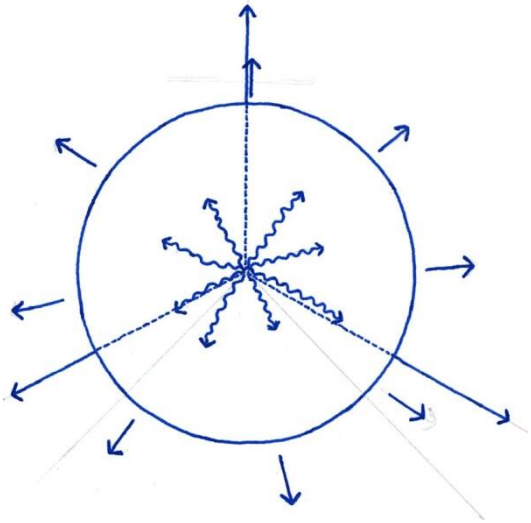
Kujundlikult võib väita nii, et väljad „eralduvad“ enda allikatest hyperruumi ehk tekivad hyperruumi nõnda, et need jäävad hyperruumi „lõksu“ sarnaselt nii nagu valguslaine ei pääse näiteks musta augu tsentrist enam välja ehk see on seal „lõksus“. Selletõttu ei haju hyperruumi tekkivad väljad üksteisest laiali ega kao, mis võibki põhjustada inimese teadvuse ja psüühika jätkumist ning eksisteerimist hyperruumi tekkinud väljade süsteemis, kui väljad peaksid „eralduma“ inimese ajust.

Kui valgus liiguks sellise taevakeha nagu musta augu Schwarschildi pinna seest väljapoole, siis see võtab välise vaatleja suhtes lõpmatult kaua aega. Seetõttu saabki selline valgus ehk elektromagnetlaine olla

meie suhtes näiliselt paigal, sest lõpmatult kõverdunud aegruumis võtab valgusel mistahes vahemaa läbimine ruumis lõpmatult kaua aega. Üldrelatiivsusteooria näitab meile üsna veenvalt, et kõveras ruumis teepikkused lühenevad.

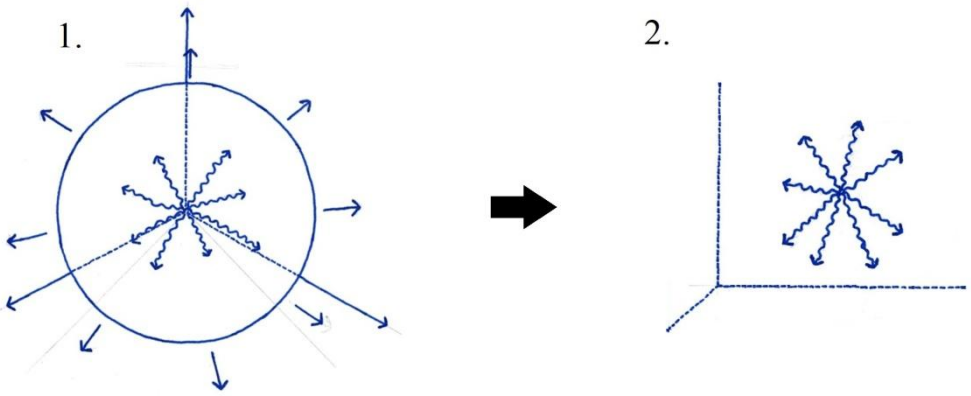
2.2.18.20.1 Inimese ruumimõõtkava

Reaalsuses avaldub tavaruumi K ja hyperruumi K' kinemaatiline süsteem Universumi kosmoloogilise paisumisena, mis oleks esitatav järgmiselt:

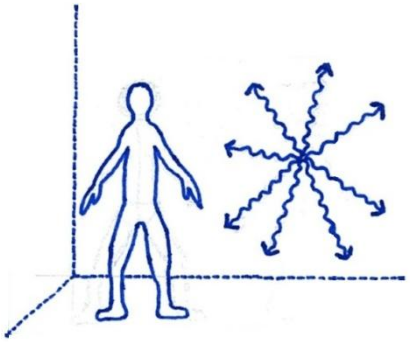


Sellisel joonisel on näha kera paisumist koos valguslainete liikumistega. Kõik valguslained liiguvad kera tsentrist eemale. Kera paisumine illustreerib antud juhul Universumi kosmoloogilist paisumist, mille korral on kera ruumala erinevatel ajahetkedel erinev. Lainelised nooled illustreerivad valguslaineid. Joonise kaudu on selgelt näha, et kui kera paisumiskiirus ja valguslainete liikumiskiirused omavahel võrduvad, siis on võimalik järeldada, et valguslained ei haju üksteisest eemale paisuva kera suhtes.

Kuna liikuvad valguslained ei haju üksteisest eemale paisuva kera suhtes (1) ja Universumi kosmoloogilisel paisumisel ei ole tegelikult paisumistsentrit, siis seega saamegi lõpptulemuseks üksteisest mittehajuvad valguslained näiliselt keset mittepaisuvat neljamõõtmelist aegruumi (2), mis on füüsikaliseks aluseks mistahes valgusolendi moodustamisele hyperruumis ehk aegruumist väljaspool. Joonis:



See tähendab seda, et ruumipiirkond, milles eksisteerivad lugematul hulgal üksteisest mittehajuvaid elektromagnetlaineid, võib eksisteerida näiteks otse inimese kõrval, kuid inimene ise seda ei näe ega taju. Joonis elavast inimesest ja paigalolevast valguslainete ruumiosast, mida elav inimene ei näe:



Selleks, et inimese teadvus ja psüühiline tegevus eksisteeriks ka väljaspool inimese bioloogilist keha (s.t. väljaspool elektrilist närvisüsteemi), peavad inimese närvikoest „eralduma“ elektromagnetlained hyperruumi, mille korral ei tohi need hajuda üksteisest eemale. See saab olla võimalik ainult tänu sellele, et kõik elektromagnetlained liiguvad Universumi kosmoloogilise paisumisega kaasa. Selline asjaolu võimaldabki valguslainete koospüsimist väljaspool inimese bioloogilist keha. Kuid siinkohal võib tekkida küsimus, et kuidas saab esineda Universumi kosmoloogilist paisumist, kui inimese ruumimõõtkavas ei toimu mitte mingisugust nähtavat ruumi paisumist? Universumi paisumine avaldub alles väga suures ruumimastaabis – näiteks galaktikate parvede ja superparvede ruumimõõtkavas, mitte aga näiteks haigla reanimatsioonipalatis. Kuid sellegipoolest toimub elektromagnetlainete koospüsimine inimese ruumimõõtkavas, mis näitab ka Universumi kosmoloogilise paisumise avaldumist inimese ruumimõõtkavas. Kuidas on selline asjaolu võimalik? Järgnevalt näitamegi sellise seaduspärasuse toimimist ja võimalikkust.

Kuna Universum paisub sellise kiirusega, mida näitab meile Hubble konstant H, siis sellest tulenevalt avaldub Universumi paisumine alles väga suures ruumimastaabis – näiteks galaktikate parvede ja superparvede mõõtkavas. See tähendab, et mida suurem on kahe ruumipunkti vaheline kaugus (ehk mida kaugemal on üksteisest galaktikate parved), seda kiiremini need üksteisest eemalduvad. Universumi ruumipunktide vahelised eemaldumiskiirused lähenevad nullile väga väikeses ruumimastaabis (näiteks planeetide ja tähtede mõõtkavas), kuid väga väga suures ruumimastaabis (näiteks isegi suuremas ruumimõõtkavas kui galaktikate superparved) lähenevad need aga juba valguse kiirusele vaakumis.

1. Näiteks kui kahe ruumipunkti vaheline kaugus on 1 Mpc ehk 3,2 miljonit valgusaastat, siis nende eemaldumiskiirus on umbes 50 – 80 km/s.

2. Kui aga nende vahekaugus on üks meeter, siis nende eemaldumiskiirus on $2 * 10^{-18}$ m/s, sest Hubble konstandi väärtus (50 – 80 (km/s)Mpc) on SI-süsteemis $2 * 10^{-18}$ m/s ühe meetri kohta. See on umbes nagu planeedi Maa suurenemine ühe mikromeetri võrra

aastas.

Universumi paisumine avaldub väga suures ruumimastaabis: galaktikate parvede ja superparvede vahelises ruumis. Mida kaugemal on üksteisest galaktikad, seda kiiremini need üksteisest eemalduvad. Kuid tegelikult esineb Universumi paisumine ehk kahe ruumipunkti vahelise teepikkuse suurenemine ajas ka inimese ruumi mõõtkavas. Näiteks kaks inimest eemalduvad ruumis üksteisest ja mida kaugemal nad üksteisest on, seda kiiremini nad üksteisest eemalduvad. See efekt on aga äärmiselt väike, kuid matemaatiliselt siiski välja arvutatav. Seda tajuda pole võimalik, kuna see efekt on äärmiselt väike. Näiteks kaks lähedal olevat inimest tõmbavad üksteist gravitatsioonijõuga, kuid see efekt on samuti äärmiselt väike. Sellegipoolest on see matemaatiliselt välja arvutatav.

Universumi paisumise korral eemalduvad üksteisest galaktikate parved ja superparved. Siinkohal näib, et me ei saa kasutada mõistet nagu „ruumipunkt“, kuna galaktikaid ja nende parvesid ei saa käsitleda „punktidena“. Tegelikult saab küll. Universumi paisumist saab käsitleda kahe ruumipunkti vahelise kauguse suurenemisena ajas, kuid seda alates, mil kahe ruumipunkti vaheline kaugus ulatub galaktikate parvede vaheliste suurusteni. Kusjuures õigem oleks käsitleda ruumipunktide vahelisi kaugusi, mitte ainult kahe ruumipunkti vahelist kaugust. Selliseid arusaamasid rakendatakse uutes mudelites, mis kirjeldavad Universumi kosmoloogilist paisumist.

Universumi kosmoloogilist paisumist kujutatakse erinevates mudelites kera paisumisena, millel on olemas paisumistsenter. Kuid reaalsuses ei ole Universumi paisumisel tsentrit, mis tähendab seda, et kogu Universumi ruum paisub ajas kõikjal korraga. See tähendab, et kogu Universumi ruum paisuks ühe korraga. Pole olemas paisumiskeset ega mingisugust eelistatud suunda. Kogu Universumi ruum V koosneks nagu lõpmata paljudest paisumistsentritest.

Relatiivsusteooriast järeldub, et tavaruum K liigub hyperruumi K´ suhtes konstantselt valguse kiirusega c. Kuna tavaruumi ja hyperruumi omavaheline süsteem avaldub reaalsuses Universumi kosmoloogilise paisumisena, siis seega peaks Universum paisuma konstantselt valguse kiirusega. Kuid tegelikkuses paisub Universum sellise kiirusega, mida näitab meile Hubble konstant H. Niimoodi jääbki ekslik mulje, et Universum ei paisu valguse kiirusega. Kuid tegelikult see nii ei ole. See tähendab seda, et Universum paisub tegelikult valguse kiirusega c, kuid me tajume seda kiirust palju väiksemana, kuna aeg on üle kogu Universumi teisenenud ehk aeglenenud y-korda:

$$H = \frac{c}{y}$$

Piltlikult öeldes elame me kõik aegluubis (mille kulg kiireneb) ja seetõttu me näemegi valguse kiirusest palju aeglasemat Universumi paisumist. Kuid tegelikult paisub Universum konstantselt valguse kiirusega c.

Universumi kosmoloogilist paisumist kirjeldab füüsikas tuntud Hubble’i seadus:

$$v = HR$$

mille korral on näha, et mida suurem on vahemaa R ruumis, seda suurem on ka Universumi paisumise kiirus v. Hubble’i konstant H muutub ainult ajas, mitte ruumis. Hubble’i seadusest v saame Hubble’i konstandi H definitsiooni:

$$\frac{v}{R} = H = const$$

milles ongi näha, et Hubble’i konstant H ei muutu vahemaade R muutumise korral. Muutujateks on

ainult v ja R. Kuna Universum paisub tavaruumi K ja hyperruumi K' füüsikalise süsteemi järgi tegelikult valguse kiirusega c:

$$H = c$$

siis seega avaldubki Universumi kosmoloogiline paisumine kiirusega c ka inimese ruumimõõtkavas (näiteks haigla reanimatsioonipalati ruumis) ehkki inimene seda otseselt ei taju.

Siinkohal tuleb märkida seda, et Universumi kosmoloogilist paisumist kirjeldab Hubble'i seadus:

$$v = HR$$

mille korral sõltub Universumi paisumise kiirus v ruumimõõtkavast R ja Hubble'i konstandist H. See aga ei ole tegelik Universumi paisumise kiirus, millega arvestada tuleb. Universumi paisumise kiiruse korral peame arvestama tegelikult ainult Hubble'i konstandiga H:

$$H = \frac{v}{R} = const.$$

mis ei sõltu enam Universumi ruumimõõtkavast R. Hubble'i konstant H sõltub ainult ajast t.

2.2.18.20.2 Elektromagnetlainete vektoriaalsus: aegruumi kõveruse näitel

Valgusolendi elektromagnetlainete vektorid on suunatud mööda hyperruumi dimensioone täpselt niimoodi, et nii valguslained kui ka tavaruum liiguvad mõlemad hyperruumi suhtes kiirusega c.

Seda võib piltlikult mõista ka niimoodi, et valgusolend kiirgab ümbritsevasse „ruumi" valgust, kuid mitte nii nagu seda teeb näiteks meie eluruumides olev elektripirn. Valgusolend eksisteerib hyperruumis ehk ajatu ja ruumitu dimensioonis, mis tähendab omakorda seda, et valgust ei kiirata ümbritsevasse ruumi tavamõistes (nagu elektripirni korral me seda mõistame), vaid valgusolend kiirgab valgust hyperruumis „enda ümbritseva tavaruumi suunas".

Valgusolend eksisteerib hyperruumis ainult valgusena, kiirates „ümbritseva ruumi suunas" elektromagnetlaineid, kuid mitte nii nagu seda teeb näiteks elektripirn. Elektripirn või hõõglamp kiirgab ümbritsevasse ruumi valguslaineid, mis on meile nähtav ja tajutav. Kuid kehast väljunud inimene kiirgab valguslaineid hyperruumis (s.t. aegruumist väljapool) ümbritseva aegruumi „suunas", mis eksisteerib paralleelselt hyperruumi „kõrval". Sellisel juhul võtab valguslaine pärale jõudmine meie kogetavasse aegruumi lõpmatult kaua aega ja seetõttu on selline valgus meile kui elavatele inimestele nähtamatu.

Kujundlikult võibki väita nii, et väljad tekivad hyperruumi nõnda, et need jäävad hyperruumi „lõksu" sarnaselt nii nagu valguslaine ei pääse näiteks musta augu tsentrist enam välja ehk see on seal „lõksus".

Sellisel juhul ei ole aegruum ise kõverdunud, vaid valgusolendi kõik kiiratavad valguslained liiguvad hyperruumist (milles esineb lõpmatu aegruumi kõverdus ehk aegruumi eksisteerimise lakkamine) tavaruumi (milles eksisteerib aegruum, mida me kõik igapäevaselt tajume). Niimoodi on valgusolendi kiirgavate valguslainete suhtes ümbritsev aegruum kõverdunud lõpmatuseni, kuid seisumassiga inimese suhtes (kes eksisteerib tavaruumis ehk aegruumis) on tegemist täiesti tavapärase igapäevaselt kogetava aegruumiga, milles ei esine mitte mingisuguseid meetrilisi deformatsioone. Ühest aegruumi dimensioonist teise „liikumine" kulub valguslainel lõpmatult kaua aega ja seetõttu võib mõista seda ka nii, et valgus ei pääse „väljaspoolt" aegruumi meie tavalisse

aegruumi.

Kui valgus liiguks sellise taevakeha nagu musta augu Schwarschildi pinna seest väljapoole, siis see võtab välise vaatleja suhtes lõpmatult kaua aega. Seetõttu saabki selline valgus ehk elektromagnetlaine olla meie suhtes näiliselt paigal, sest lõpmatult kõverdunud aegruumis võtab valgusel mistahes vahemaa läbimine ruumis lõpmatult kaua aega.

Valgusolend on nagu täht (näiteks Päike), mis kiirgab ümbritsevasse aegruumi valguslaineid. Kuid sellisel juhul oleks täht nagu musta augu tsentris ehk Schwarzschildi pinna sees. Musta augu tsentris olev aegruum on teatavasti kõverdunud lõpmatuseni ja seega ei pääse valgus sealt kunagi välja. Täpsemalt öeldes pääseb valgus musta augu tsentrist küll välja, kuid see võtab lihtsalt lõpmatult kaua aega ja seega paistavad välisvaatlejale tähe ümber olevad valguslained olevat paigal. Piltlikult väljendades hoiab aegruumi lõpmatu meetriline deformatsioon valgusolendi elektromagnetlaineid tavaruumi suhtes paigal. See tähendab seda, et aegruumi lõpmatu kõverus takistab elektromagnetlainete üksteisest laiali hajumist, mis muidu esineb näiteks meie tavalises aegruumis eksisteerivate TV- ja raadioantennide korral.

> Analoogiline efekt esineb näiteks ka aatomifüüsikas. Näiteks klassikalise teooria järgi peaksid elektronid aatomis kiirgama ja mõne ajavahemiku tagant aatomituuma kukkuma. Kuid sellise protsessi välistavad just kvantmehaanikas tuntud määramatuse seosed. Näiteks elektroni asukoha määramatus väheneb aatomituumale lähenedes, kuid seevastu elektroni impulss suureneb. Selle tulemusena elektron eemaldub aatomituumast, sest elektroni energia suureneb. Elektriliste jõudude tõttu tõmbuvad omavahel aatomituum ja elektron, kuid seevastu määramatuse seosed takistavad seda. Sellepärast tekibki aatomituuma vahetus ümbruses teatud kindla konfiguratsiooniga elektronpilv.

Üldrelatiivsusteooria näitab meile üsna veenvalt, et kõveras ruumis teepikkused lühenevad. Näitame seda järgmise lühikese matemaatilise ja füüsikalise analüüsi kaudu. Näiteks kahe ruumipunkti vahelist kaugust ds kirjeldatakse järgmiselt:

$$ds^2 = dx^2 + dy^2 \qquad \text{ehk} \qquad ds = \sqrt{dx^2+dy^2}$$

Viimase võrrandi on võimalik viia järgmisele matemaatilisele kujule:

$$ds = \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2} = \sqrt{(dx)^2}\sqrt{\frac{((dx)^2+(dy)^2)}{(dx)^2}} = \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}\, dx$$

Saadud võrrandi

$$ds = \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}\, dx$$

mõlemad pooled tõstame ruutu:

$$ds^2 = \left[1 + \frac{dy^2}{dx^2}\right] dx^2$$

ja asendame võrrandi kõik liikmed järgmiselt:

$$d^2 = \left[1 + \frac{(vt')^2}{l^2}\right] l^2$$

Ajas rändamise füüsikateooria kosmoloogia osast on teada seda, et kehtib seos

$$l = ct + vt'$$

Kuna just selles seoses $vt' = 0$, siis seega saame $l = ct$ ja $d = ct'$. Sellest tulenevalt saame teostada terve rida järgmisi matemaatilisi teisendusi:

$$(ct')^2 = \left[1 + \frac{(vt')^2}{(ct)^2}\right](ct)^2$$

valguse kiirus c taandub võrrandis välja:

$$t'^2 = \left[1 + \frac{(vt')^2}{(ct)^2}\right]t^2$$

viime viimase võrrandi mõlemad pooled ruutjuure alla

$$t' = \sqrt{1 + \frac{(vt')^2}{(ct)^2}}\,t$$

ja saamegi lõpuks otsitava võrrandi:

$$1 = \sqrt{1 + \frac{(vt')^2}{(ct)^2}}\,\frac{t}{t'}$$

Kui me aga integreerime algselt tuletatud seost

$$ds = \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}\,dx$$

saame järgmise väga huvitava tulemuse:

$$s = \int_0^{x'} \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}\,dx = \int_0^{x'} \sqrt{1 + (2x + i)^2}\,dx = \int_0^{x'} \sqrt{1 + 4x^2 + 4ix - 1}\,dx =$$

$$= \int_0^{x'} \sqrt{4x^2 + 4ix}\,dx$$

Integreerides võrrandeid arvestasime seda, et

$$y = x^2 + ix \qquad \text{ja} \qquad i = \sqrt{-1}$$

Kuid jätkame edasi võrrandi integreerimist ja saame tulemuseks järgmist:

$$s \approx \int_0^{x'} \sqrt{4i}\sqrt{x}\,dx = \sqrt{4i}\,\frac{2}{3}x'^{\frac{y}{2}}$$

Järgmisena proovime analoogilisel teel välja arvutada keha m teepikkuse c:

$$c = \sqrt{x'^2 + y'^2} = \sqrt{x'^2 + x'^4 + 2ix'^3 - x'^2} = \sqrt{x'^4 + 2ix'^3} = \sqrt{x'^2}\sqrt{x'^2 + 2ix'} = x'\sqrt{x'^2 + 2ix'}$$

ja teepikkuse c väärtuseks saame ligikaudu:

$$c \approx x'\sqrt{2ix'} = x'\sqrt{2i}\sqrt{x'}$$

Selleks, et teada saada, milline teepikkus on tegelikult kõige lühem, arvutame välja järgmise piirväärtuse ehk teepikkuste s ja c suhte:

$$\lim_{x'\to 0}\frac{s}{c} = \lim_{x'\to 0}\frac{\sqrt{4i}\frac{2}{3}x'^{\frac{y}{2}}}{x'\sqrt{2ix'}} = \frac{\sqrt{4i}\frac{2}{3}x'^{\frac{y}{2}}}{x'\sqrt{2i}\sqrt{x'}} = \lim_{x'\to 0}\frac{2\sqrt{2}}{3}$$

Järelikult s ja c suhe avaldub järgmiselt:

$$\frac{s}{c} = \frac{2\sqrt{2}}{3} \approx 0{,}9428$$

ja seega on teepikkus s teepikkusest c lühem lausa 6 % :

$$s \to 6\%$$

See tähendab füüsikaliselt seda, et teepikkuse s vahemaa on peaaegu 6% lühem teepikkusest c. Seega selline tavaarusaam, et kahe ruumipunkti vaheline kõige lühem tee on just sirge, ei kehti enam ruumi teisenemiste korral. Ruumi teisenemise korral on teepikkus isegi veelgi lühem sirgest teest. Ruumi teisenemise korral muutuvad kaugused meile palju lähemale.

Füüsikaline kaugus s kahe ruumipunkti A ja B vahel muutub väiksemaks ehk ruum teiseneb gravitatsioonivälja tsentrile lähenedes. Need punktid asetsevad välja tsentrist 0 tõmmatud raadiusel:

$$s = \int_{r_1}^{r_2} F dr = \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{\sqrt{1-\frac{R}{r}}}$$

Kui välja tsentrist eemalduda, siis kaugus välja kahe ruumipunkti vahel suureneb.

Lõpmatu ulatusega tühjas ruumis (näiteks vaakumis) liikuv elektromagnetlaine on põhimõtteliselt lakkamatu. Sellisel valguslainel ei ole elektrilaengut ega isegi allikat, kui see peaks mingil põhjusel lakkama eksisteerimast. Kuna valguslainel puudub seisumass, siis peatuda see ei saa mitte kunagi, mis tähendab seda, et valgus peab pidevalt liikuma kiirusega c. Lõpmatu ulatusega tühi ruum võib olla reaalselt näiteks hyperruum või lõpmatu kõverusega aegruum.

> Näiteks musta augu Schwarzschildi pinnal on aegruum kõverdunud üldrelatiivsusteooria järgi lõpmatuseni ja seega on musta augu Schwarzschildi pind ehk musta augu tsenter välisvaatleja suhtes „lõpmata kaugel“. Lõpmata kauges ruumis lõikuvad näiteks omavahel ka üksteise suhtes olevad paralleelsed sirged. Valguse jõudmine musta augu tsentrisse võtab välisvaatleja suhtes lõpmatult kaua aega, kuid valguse enda suhtes jõuab valgus musta augu tsentrisse praktiliselt silmapilkselt. See kehtib ka vastupidisel juhul, mille korral tahab valgus musta augu tsentrist välja pääseda ehk seega liikuda ajatust dimensioonist ajalisse dimensiooni.
>
> > See sarnaneb valgusolendi elektromagnetlaine ehk valguslaine liikumisega hyperruumi suhtes. Kuna see võtab lõpmata kaua aega, siis seega valgusolendi elektromagnetlainete omavaheline konfiguratsioon (millel põhineb teadvus ja psüühika) jääb samuti igaveseks ajaks kestma. See aga tähendab valgusolendi lõpmatut eluiga. Kehavälises olekus eksisteeriks inimene täpselt sama pikka aega kui Universumi aegruum. Kuna Universumi aegruum eksisteerib ajas rändamise füüsikateooria järgi igavesti, siis seega jääks ka kehast väljunud inimene igavesti eksisteerima.

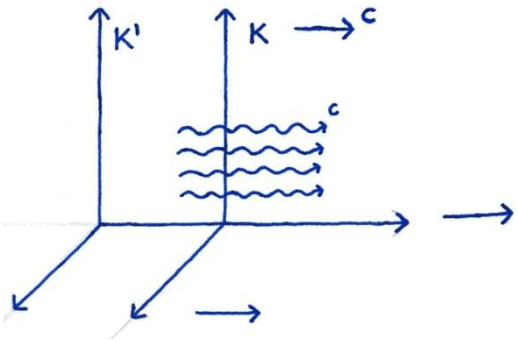
Inimese igavese elu võimalikkus tuleb mingil määral välja ka Albert Einsteini erirelatiivsusteoorias tuntud kaksikute paradoksina. Näiteks kui üks kaksikvendadest läheb kosmosereisile ja naaseb hiljem Maale tagasi, siis ei ole vennad enam täpselt ühevanused. Kosmoserändur on jäänud vennast nooremaks. Teoreetiliselt võib vanusevahe suurendada piiramatult. „Kaksikute paradoks“ on Albert Einsteini erirelatiivsusteoorias kirjeldatud aja aeglustumise ehk aja dilatatsiooni efekt. Näiteks mida lähemale liigub inimene valguse kiirusele vaakumis, seda aeglasemini ta ka vananeb välisvaatleja suhtes. Kuna aegruumist väljaspool ehk seega hyperruumis aega ega ruumi ei eksisteeri, siis sellele lähenedes aeglenebki inimese vananemine. Sellest võibki järeldada seda, et kui inimene ainult eksisteerikski hyperruumis, mitte enam aegruumis, siis inimene ei vananeks üldse ja seega ei sureks ta mitte kunagi välja. Järelikult oleks hyperruumis eksisteerides võimalik igavene elu. Selline järeldus oleks erirelatiivsusteoorias tuntud kaksikute paradoksi edasiarendus, mis näitaks igavese elu võimalikkuse füüsikalist põhimõtet: kui aega ei eksisteeriks, siis elu eksisteerimine saakski olla igavene.

2.2.18.21 Valetõlgenduse tekkimise oht

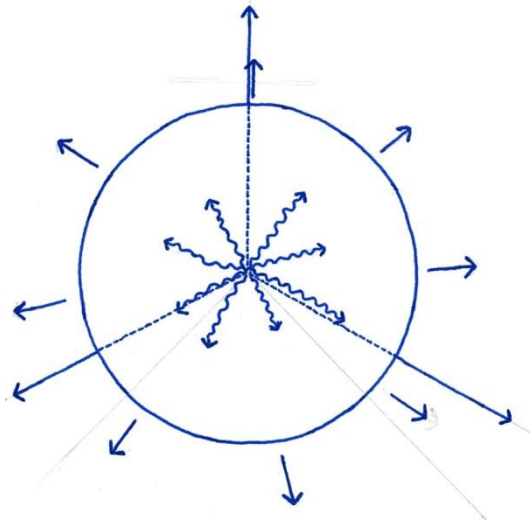
Eespool kirjeldatud valguslaine tekkimise korral hyperruumis võib esile tulla valetõlgenduse võimalus, mis seisneb lühidalt järgnevas. Näiteks kui valguslaine tekib hyperruumi ja liigub hyperruumi suhtes valguse kiirusega c, siis seega kas see valguslaine liigub hyperruumi dimensioonis kiirusega c sarnaselt nii nagu vaakumis vabalt liikuv valguslaine? Sellisel juhul ei olegi hyperruum meie mõistes „tühi ruum“, vaid kuidagi „valgust täis ruum“ sarnaselt nii nagu meie igapäevaselt kogetav ruum päikesepaistelisel ajal. Kas hyperruumi tekkiv valguslaine on siiski paigal, kuna tavaruumi suhtes on selle kiirus võrdne nulliga? Hyperruumi tekkiv valguslaine liigub hyperruumi suhtes kiirusega c, kuid tavaruumi suhtes on see paigal. Selline asjaolu võib tekitada füüsikalistes järeldustes valesti tõlgendamist. Järgnevalt kirjeldame ja analüüsimegi õige ja vale tõlgendusvõimaluse füüsikalist sisu.

2.2.18.21.1 Õige tõlgendusvõimalus: elektromagnetlainete mittehajuvus üksteisest

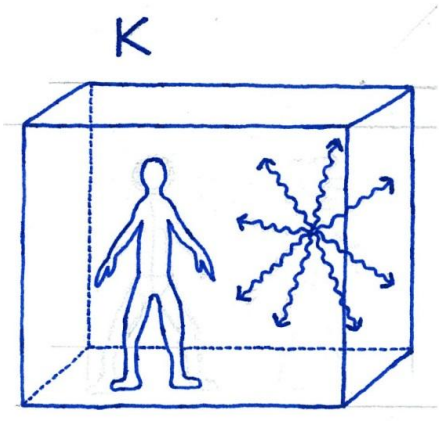
Kui elektromagnetlaine tekib hyperruumi, siis kohe pärast tekkimist hakkab see liikuma hyperruumi suhtes kiirusega c, kuid tavaruumi suhtes jääb see paigale, kuna tavaruum ise ka liigub hyperruumi suhtes kiirusega c. Selline asjaolu põhjustabki „elektromagnetlainete mittehajumist üksteise suhtes“. Valguslainete omavektorid ei liigu hyperruumis sihitult ringi, vaid nende liikumised on suunatud hyperruumist tavaruumi, mis füüsikaliselt väljendubki tavaruumiga kaasa liikumisena hyperruumi suhtes kiirusega c. Joonis:



Valgusolend eksisteerib hyperruumis ainult valgusena, kiirates „ümbritseva ruumi suunas“ elektromagnetlaineid. Kehast väljunud inimene kiirgab valguslaineid hyperruumis (s.t. aegruumist väljapool) ümbritseva aegruumi „suunas“, mis eksisteerib paralleelselt hyperruumi „kõrval“. See tähendab, et elektromagnetlaine liigub Universumi paisumisega kaasa hoolimata sellest, et see eksisteerib väljaspool aega ja ruumi. Sellisel juhul võtab valguslaine pärale jõudmine meie kogetavasse aegruumi lõpmatult kaua aega ja seetõttu on selline valgus meile kui elavatele inimestele nähtamatu. Ainult nii on võimalik kehast väljunud inimese kiiratavate valguslainete koospüsimine, et need üksteisest laiali ei hajuks. Joonis:



Valgusolendi elektromagnetlained ei haju üksteisest eemale ümbritsevasse „ruumi“. Näiteks surmalähedaste kogemustega ehk SLK-kogemustega inimesed on oma ütlustes kinnitanud, et kehast väljudes nad hõljuvad oma füüsilise ehk bioloogilise keha kohal või lihtsalt liiguvad oma elustamisruumis (tavaruumis K) ringi kohtudes teiste inimestega, kes haigla palatis (tavaruumis K) parajasti viibivad. Joonis:



2.2.18.21.2 Vale tõlgendusvõimalus

Kui valgus liigub vaakumis ehk tavaruumis K kiirusega c, siis hyperruumi K’ suhtes on selle kiirus võrdne nulliga.

> Sellisel juhul on valgus hyperruumi K’ suhtes paigal, kuid tavaruumi K suhtes ehk meie igapäevaselt kogetavas ruumis (näiteks vaakumis) liigub see valguse kiirusega c. Kuna vaakumis liigub valgus tõepoolest kiirusega c, siis selle tulemusena avaldub valguse jaoks lõpmatu aja teisenemine:
>
> $$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \infty$$
>
> Selle tulemusena võrdub valguse omaaeg nulliga t = 0, mis võimaldab valgusel jõuda mistahes Universumi ruumipunkti omaajas kõigest 0 sekundiga ehk seega silmapilkselt. Selles mõttes ongi valgus paigal ja seda siis hyperruumi suhtes, mitte tavaruumi suhtes.

Kui elektromagnetlaine tekib hyperruumi, siis kohe pärast tekkimist hakkab see liikuma hyperruumi suhtes kiirusega c, kuid tavaruumi suhtes jääb see paigale, kuna tavaruum ise ka liigub hyperruumi suhtes kiirusega c.

Matemaatilise mudeli järgi on vaakumis liikuv valgus hyperruumi suhtes paigal, mistõttu ei saa see mitte kunagi olla tavaruumi suhtes paigal. Kuid hyperruumis liikuv valgus on tavaruumi suhtes paigal, mistõttu ei saa see mitte kunagi olla hyperruumi suhtes paigal. See tähendab, et hyperruumis liikuva valguse ja vaakumis liikuva valguse vahel on mehaanikalised erinevused ja sarnasused ilmselged. Sellest tulenevalt võidakse teha valejäreldusi hyperruumis liikuva valguse kohta vaakumis liikuva valguse kaudu.

Näiteks kui valgus liigub hyperruumi suhtes kiirusega c, siis seega võib see valgus „liikuda“ hyperruumi dimensioonis sarnaselt nii nagu valgus liigub tavaruumis ehk meie igapäevaselt kogetavas ruumis, mille suhtes liigub valgus eespool esitatud matemaatilise analüüsi järgi kiirusega c. Sellisest valetõlgenduse võimalusest järeldub „valgustatud hyperruumi“ definitsioon:

> Hyperruum ei olegi tegelikult nö. „tühi ruum“ või „pime ruum“, vaid tegemist on üsna „valgustatud ruumiga“, kuna elektromagnetlained, mis tekivad hyperruumi, liiguvad hyperruumi dimensioonis edasi sarnaselt nii nagu tavaruumis tekkiv valgus.

Kui elektromagnetlaine tekib hyperruumi, siis kohe pärast tekkimist hakkab see liikuma hyperruumi suhtes kiirusega c, kuid tavaruumi suhtes jääb see paigale, kuna tavaruum ise ka liigub hyperruumi suhtes kiirusega c. Eespool me näitasime, et selline asjaolu põhjustab „elektromagnet-lainete mittehajumist üksteise suhtes“. Sellisel juhul ei liigu valguslained hyperruumis sihitult ringi, vaid nende liikumised on suunatud hyperruumist tavaruumi, mis füüsikaliselt väljendubki tavaruumiga kaasa liikumisena hyperruumi suhtes kiirusega c. Kuid valetõlgenduse korral on olukord vastupidine, kuna sellist asjaolu võib tõlgendada ka elektromagnetlainete hajumise põhjusena üksteise suhtes. Sellisel juhul liiguksid valguslained hyperruumis sihitult ringi, mille korral ei ole nende liikumised suunatud hyperruumist tavaruumi.

2.2.18.21.2.1 Maailma kiirgamine

Kogu meie reaalne ja füüsiline maailm, mis eksisteerib aegruumis, peaks „kiirgama“ valgust hyperruumi ehk väljapoole aegruumi, kuna elektromagnetlaineid tekivad igal ajahetkel kõikjal tavaruumis (s.t. valgust tekib igal ajahetkel kõikjal Universumis), mistõttu peaks neid tekkima samal ajal ka hyperruumi.

Inimeste surmalähedased kogemused näitavad, et inimese elektrilisest närvisüsteemist eralduvad füüsikalised väljad väljapoole aegruumi ehk hyperruumi. Kuid tegelikult väljad ei eraldu inimese närvisüsteemist, vaid elektromagnetlainete tekkimistega inimese närvikoes kaasnevad elektromagnetlainete tekkimised ka hyperruumis. Kui selline asjaolu peakski reaalselt eksisteerima, siis seega peaks elektromagnetlaineid tekkima hyperruumi ka kogu ülejäänud mateeria suhtes, kuna neid tekib igal ajahetkel kõikjal Universumis. Kujundlikult võib küsida nii, et miks peaks väljad „eralduma“ ainult inimese närvisüsteemist, kui elektromagnetilised nähtused esinevad ka kõikjal mujal meie ümber? Sellise loogika järgi peaksid väljad „eralduma“ kogu maailmast ehk kogu meie maailm, mis eksisteerib ajas ja ruumis, peaks „kiirgama“ elektromagnetlaineid hyperruumi.

Näiteks eespool esitatud analüüsi järgi tekiks infrapunakiirgust ka hyperruumi ehk väljapoole aegruumi. See tähendab, et infrapunakiirgus tekib paralleelselt tavaruumis ja hyperruumis korraga.

Elektromagnetiline kiirgus (s.t. infrapunakiirgus) tekib laengute võnkumise tulemusena. Mistahes aine aatomite (s.t. ioonide) võnkumisel tekib üks kindel liik elektromagnetilist kiirgust. Võnkumine on suhteliselt madala sagedusega, kuna aatomitel on suured massid. Selle kiirguse lainepikkused asuvad nähtava valguse spektri punase ääre kõrval. Kiirguse lainepikkused on suurusjärgus 10^{-5} m. Sellist kiirgust nimetataksegi soojuskiirguseks ehk infrapunakiirguseks, kuna see tekib mistahes aine aatomite (ioonide) soojusliikumise ehk tahketes kehades võnkumise tulemusena. Sellise soojusliikumise keskmise kineetilise energiaga on seotud ka keha temperatuur. Infrapunakiirgust ehk infravalgust kiirgavad kõik kuumad kehad, näiteks Päike, hõõglamp, ahi, automootor ja isegi inimkeha. See tähendab, et kogu meie materiaalne maailm, mis eksisteerib ajas ja ruumis, kiirgab elektromagnetilist kiirgust.

Kuid infrapunakiirgust ei saa inimene otseselt näha, kuna selle kiirguse lainepikkused asuvad nähtava valguse spektri punase ääre kõrval ja on suurusjärgus 10^{-5} m. Surmalähedaste kogemustega inimesed on väitnud, et kehast väljunud inimene näeb ümbritsevat füüsilist keskkonda värvilisena ehk peaaegu samamoodi nagu bioloogilise kehaga inimene. Inimesed ei näe otseselt infrapunakiirgust, sama on ka kehast väljunud inimesega.

> Elektromagnetlainete lainepikkuste spekter ehk skaala on selline lainete liigitus, mille ühes otsas paiknevad madalsageduslikud ja pikad lained, kuid teises otsas kõrgsageduslikud ja lühikesed lained. Näiteks madalsageduslainete pikkused on 10^4 m või sellest suuremad. Lainepikkuste vahemikul 10^4 – 10^{-4} m esinevad raadiolained. Kui lainepikkuste vahemik on 10 – 380 nm, siis tegemist on ultravalgusega. Nähtav valgus jääb „kõigest“ 380 – 760 nm lainepikkuste vahemikku. Infravalguse vahemik on 760 nm – 1 mm, kuid röntgenikiirgus jääb vahemikku 10^{-8} – 10^{-11} m. Gammakiirguse lainepikkuste vahemik on umbes 10^{-10} – 10^{-14} m.
>
> > Infravalgus ehk infrapunavalgus tekib peamiselt aatomite võnkumisel või pöörlemisel molekulides. Nähtavat valgust ning ultravalgust kiirgavad aatomite väliskihtide elektronid ehk valentselektronid. Röntgenikiirgus tekib kiirete elektronide järsul pidurdumisel või protsessidel, milles osalevad aatomite sisekihtide elektronid. Röntgenikiirguse lainepikkuse suurusjärk võrdub aatomite vahekaugusega tahkistes. Gammakiirgust väljastavad radioaktiivsel lagunemisel

aatomite tuumad.

Erineva lainepikkusega valguslained põhjustavad inimesel erinevaid värvusaistinguid. Põhivärvusteks on punane, roheline ja sinine. Nende kokku liitmisel saadakse valge valgus. Must värv esineb siis kui valgus neeldub, mitte ei peegeldu. Punane värvus esineb lainepikkuste vahemikus 760-630 nm, oranž 630-600 nm, kollane 600-570 nm, roheline 570-520, helesinine 520-470, sinine 470-420 ja violetne 420-380 nm. Neid värve nimetatakse „vikerkaarevärvideks“.

Kuid peale soojuskiirguse on olemas ka igasuguseid muid valgusega seotud nähtusi. Näiteks aine elektrilaeng saab muutuda valguse toimel. Seda nimetatakse füüsikas fotoefektiks, mille korral lüüakse elektronid ainest välja valguse toimel. Fotoefekti nähtus näitab, et valguskvant saab neelduda ainult tervikuna. See tähendab seda, et kui elektron neelab footoni, siis elektroni energia suureneb täpselt E = hf võrra. Seda valemit nimetatakse Plancki kvandienergia võrrandiks, mille järgi vaadeldakse valgust kvantide ehk footonite voona, mitte elektromagnetlainena. Kuna footonil on olemas impulss, siis seega avaldab valgus kui footonite voog rõhku pinnale, kuhu valgus langeb. Mida rohkem footoneid ajaühikus pinnale langeb, seda suurem on valguse rõhk.

Fotoefektiks nimetatakse elektronide väljalöömist ainest valguse toimel. Näiteks kui elektron neelab footoni, siis elektroni energia suureneb täpselt hf võrra:

$$hf = A + \frac{mv^2}{2}$$

Selles võrrandis on h Plancki konstant, f valguslaine sagedus, A väljumistöö ja $mv^2/2$ kineetiline energia. Tegemist on fotoefekti võrrandiga, mis kirjeldab fotoefekti tekitamist, mille korral vabastab ainele langev footon elektroni ainest. Footon peab tegema tööd A aine positiivsete ioonide tõmbejõudude ületamiseks. Seda tööd nimetatakse füüsikas väljumistööks A, mis on võrdne väikseima energiahulgaga elektroni ainest välja viimiseks. Aine pinnalt eemaldumiseks on vaja elektronile anda kineetilist energiat $mv^2/2$. Selleks kõigeks kulubki kogu footoni energia E = hf.

Kui footonid langevad keha pinnale, siis annavad nad oma impulsi sellele üle. Impulsi jäävuse seaduse kohaselt suureneb sellisel juhul keha impulss. Impulsi muutus tähendab kehale mõjuva jõu olemasolu. Pinnaühiku kohta tulev jõud on võrdne avaldatud rõhuga. Valguse rõhk on võrdeline valguse intensiivsusega ehk mida rohkem footoneid ajaühikus keha pinnale langeb, seda suurem on valguse rõhk. Valguse rõhku seletatakse vahel ka valguslaine elektrivälja mõju abil aines olevaile elektronidele. Näiteks muutuva elektrivälja toimel hakkavad elektronid kehas võnkuma. Tekib muutuva suunaga elektrivool. Seda mõjutab valguslaine magnetväli, mille korral hakkab elektronidele mõjuma valguse levimise suunaline jõud, Lorentzi jõud. See jõud avaldabki keha pinnale rõhku.

1922. aastal avastas ameerika füüsik A. Compton, et röntgenkiirguse hajumisel ainetelt, mis sisaldavad vabu elektrone, muutub kiirguse lainepikkus suuremaks. Kiirguse lainepikkuse suurenemist seletab taas valguse kvantteooria, mille korral on valgus kui footonite voog. Näiteks footoni energia kandub põrkudes osaliselt elektronile, suurenedes selle liikumiskiirust. Selle tulemusena suureneb elektroni energia ja väheneb footoni energia. Kui footoni energia väheneb, siis väheneb ka talle vastav sagedus, kuna E = hf. Sageduse vähenemine põhjustab footoni lainepikkuse suurenemist.

Kui valgus langeb keha pinnale, siis osa valgusest neeldub ja osa peegeldub tagasi. Peegelduv valgus, mis jõuab inimese silmadesse, võimaldabki tekitada inimese ajus nägemise aistingut. Kui footon neeldub keha pinnal, siis see saab neelduda ainult tervikuna. See tähendab seda, et kui

elektron neelab footoni, siis elektroni energia suureneb fotoefekti seaduse järgi täpselt E = hf võrra. Elektroni energia suurenemise korral muutub elektroni elektriväli. Välja muutus tekitab lokaalses ruumipiirkonnas elektromagnetlaine, mille sagedus f on võrdne neelduva valguse sagedusega. Tavaruumis tekkiva elektromagnetlaine korral peab seda tekkima ka hyperruumis. Kuid sellisel juhul on hyperruumis tekkiva elektromagnetlaine sagedus võrdne tavaruumis neelduva valguse sagedusega, mis on omakorda võrdeline peegelduva valguse sagedusega. Selline valgus jääb juba kindlasti nähtava valguse spektri piirkonda.

See tähendab seda, et hyperruumis ei teki valgust ainult siis, kui tavaruumis toimub valguse kiirgumine ehk selle tekkimine. Hyperruumis tekib elektromagnetlaine ka siis, kui tavaruumis esinevad valguse peegeldumised füüsiliste kehade pindadelt, kuna valguse peegeldumistega kaasnevad alati ka valguse neeldumised. Näiteks kui footon neeldub keha pinnal ehk kui elektron neelab footoni, siis elektroni energia suureneb. Elektroni energia suurenemise korral muutub elektroni elektriväli. Välja muutus tekitab lokaalses ruumipiirkonnas elektromagnetlaine. Tavaruumis tekkiva elektromagnetlaine korral peab seda tekkima ka hyperruumis. Sellest järeldubki, et hyperruumis tekivad elektromagnetlained ka siis, kui valgus neeldub keha pinnal, kuna selle tagajärjel tekivad lokaalsetes väljades muutused.

Mistahes elektromagnetlaine kiirgumise (s.t. tekkimise) korral tavaruumis ehk aegruumis peab seda tekkima samaaegselt ka hyperruumis ehk aegruumist väljapool. Kuid peale selle tekib elektromagnetlaineid hyperruumis ka siis, kui tavaruumis toimuvad valguse peegeldumised, kuna sellega kaasnevad ka valguse neeldumised, mille tagajärjel esinevad lokaalsete väljade muutused aines. Niimoodi tekib hyperruumis valgus, mille lainepikkused saavad olla võrdsed tavaruumis leviva valguse lainepikkusega.

> Sellest järeldub, et hyperruumi on võimalik vaadelda või käsitleda „peegelmaailmana“ ehk „peegeldimensioonina“. See tähendab eelkõige seda, et tavaruumis ehk ajas ja ruumis nähtav on nähtav ka hyperruumis, kuid hyperruumis ei võta see maailm füüsilise vormi nagu seda on tavaruumis. Näiteks hyperruumis eksisteerib ainult valgus, kuid tavaruumis eksisteerib peale valguse ka veel aatomid ja molekulid. Peegelmaailma omapära seisneb ka veel selles, et hyperruumis nähtav ei ole nähtav tavaruumis.

2.2.18.22 Valguse tekkimine Universumi aegruumis

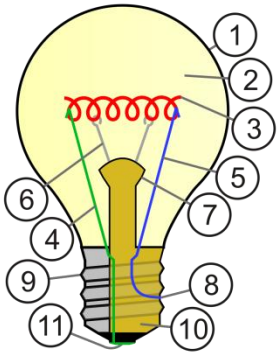
Selles peatükis vaatleme ja kirjeldame seda, et kuidas tekib valgus Universumi aegruumis. See tähendab, et kirjeldame erinevaid füüsikalisi nähtusi ja protsesse, milles tekivad elektromagnetlained, sealjuures ka valguslained. Kuna footonite tekkimistega aegruumis peab koheselt kaasnema ka nende tekkimine hyperruumis ehk aegruumist väljapool, siis seega peab selline seaduspärasus kehtima mistahes nähtuste ja protsesside korral, milles tekivad valguse osakesed footonid. Footonite tekkimised aegruumis ja samaaegselt ka sellest väljapool on universaalne seaduspärasus, mis tähendab seda, et see peab esinema mistahes nähtuse või protsessi korral, milles nähtuvad footonite tekkimised. Seetõttu me järgnevalt vaatleme ja kirjeldame erinevaid nähtusi ja protsesse aegruumis, mille korral tekivad footonid. Need näitavad, et elektromagnetlainete ehk footonite tekkimised esinevad kõikjal Universumis ja seda peaaegu mistahes ajahetkel. Tuleb välja, et kogu meie füüsikaline maailm kiirgab pidevalt erinevaid elektromagnetlaineid. Kõik need peavad tekkima ka väljaspool aegruumi ehk hyperruumis, mistõttu võib väita, et hyperruum on täis valgust ja muid elektromagnetlaineid.

Käesolevas peatükis esitatakse palju selliseid materjale, mis on ka eelnevalt esitatud ja tõenäoliselt esitatakse ka edaspidigi. See tähendab, et esitatakse palju korduvmaterjale. See tuleneb

osaliselt sellest, et nii peatükkide kui ka alltekstide kontekstid seda nõuavad ja paljusid peatükke saab käsitleda omaette ehk eraldiseisvatena. Kõik esitatavad materjalid on vajalikud korduvesitamiseks, kuna need sisaldavad inimese kehast väljumise füüsikateooria spetsiifiliseks mõistmiseks hädavajalikku infot.

1. *Valguse tekkimine hõõglambis*

Hõõglambis ehk elektripirnis annab valgust hõõgniit, kui selle temperatuur tõuseb elektrivoolu läbimise tõttu. Hõõgniit koosneb peenest volframtraadist, mis on mahutatud väiksesse ruumi. See paikneb klaaskolvis, mis on suletud õhukindlalt. Kolvis esineb väärisgaas, näiteks argoon, krüptoon või ksenoon. Väärisgaasi tõttu aurustub volfram aeglasemini, mis põhjustab omakorda hõõgniidi tööea pikenemise. Volframil on väga suur sulamistemperatuur: 3380 ^{0}C. Seetõttu saab seda kuumutada umbes 2400 – 2700 kraadini Celsiuse järgi, halogeenlambis koguni 3100 kraadini. Värvitemperatuur on umbes 50 ^{0}C suurem, mistõttu on see absoluutsel temperatuuriskaalal umbes 2700 – 3000 K. Seega võib öelda, et hõõglamp annab „soevalget valgust“. Lambi võimsus, kütteniidi temperatuur ja värvitemperatuur on kõik omavahel seotud – mida suurem on üks neist väärtustest, seda suurem on kõik ülejäänud. Hõõglampide valgusvoog ja valgusviljakus sõltuvad lambi võimsusest.



Allikas: https://et.wikipedia.org/wiki/H%C3%B5%C3%B5glamp

Hõõglambi ehitus:

1 – klaaskolb
2 – väärisgaasiga täidetud ruum
3 – volframist hõõgniit
4 – hõõgniidi voolujuht (ühendus sokli põhjakontaktiga)
5 – hõõgniidi voolujuht (ühendus sokli keermestatud osaga)
6 – tugivardad
7 – klaasist kandevarras
8 – voolujuhi ühenduskoht sokli keermeosaga
9 – sokkel
10 – isoleermastiks
11 – põhjakontakt

Värvitemperatuuri mõiste olemus – kuni 3300 K tundub valgus enamasti soojana (alguses punasem, kuid mida rohkem 3300 K poole, seda kollasem on valgus). Üle 5300 K tundub valgus olevat külmana – valgest värvusest sinise värvuseni. Näiteks 16 000 K juures tundub valgus olevat tumesinine. See tähendab seda, et mida tugevam on valgustus, seda kõrgem võib olla silmale mugavana tunduv värvitemperatuur.

Füüsikas on olemas kaks temperatuuriskaalat – Kelvini ja Celsiuse temperatuuriskaala.

Hõõglambis esinev valguse tekkimine on füüsikas seletatav Joule'i-Lanzi seadusega. Näiteks kui elektrivool läbib volframiniiti, siis vastavalt valemile

$$A = \Delta qU$$

ehk

$$A = IU\Delta t$$

on voolu töö selles niidiosas järgmine:

$$A = IU\Delta t = I^2R\Delta t$$

See töö kulub niidi siseenergia suurendamiseks. See aga tähendab seda, et voolu töö muundub täielikult soojusenergiaks, mis niidi temperatuuri säilides antakse ümbritsevale keskkonnale. Keskkonnale antavat soojushulka Q kirjeldabki võrrand:

$$Q = A = I^2R\Delta t$$

2. *Valguse tekkimine aatomis*

Klassikalise elektrodünaamika järgi peab iga kiirendusega liikuv laeng pidevalt kiirgama elektromagnetlaineid. Seisvate või ühtlase kiirusega liikuvate laengute korral elektromagnetlainete kiirgamist ei esine.

Klassikalise teooria järgi peaksid elektronid aatomis kiirgama ja mõne ajavahemiku tagant aatomituuma kukkuma. Kuid sellise protsessi välistavad just kvantmehaanikas tuntud määramatuse seosed. Näiteks elektroni asukoha määramatus väheneb aatomituumale lähenedes, kuid seevastu elektroni impulss suureneb. Selle tulemusena elektron eemaldub aatomituumast, sest elektroni energia suureneb. Elektriliste jõudude tõttu tõmbuvad omavahel aatomituum ja elektron, kuid seevastu määramatuse seosed takistavad seda. Sellepärast tekibki aatomituuma vahetus ümbruses teatud kindla konfiguratsiooniga elektronpilv.

Aatomil on olemas teatud statsionaarsed ehk ajas muutumatud olekud, mil aatom ei kiirga elektromagnetlaineid. Kui aga aatomi olek muutub ühest statsionaarsest olekust teise, siis kiirgab või neelab aatom teatud koguse energiat. Seda väidavad meile Bohri kuulsad postulaadid:

Aatom võib viibida püsivalt vaid erilistes, statsionaarsetes olekutes, millele vastavad aatomi koguenergia teatud diskreetsed väärtused E_n.

Aatomi statsionaarsetele olekutele vastab elektroni tiirlemine teatud kindlatel orbiitidel, millel elektroni liikumishulga momendi absoluutväärtus on kordne Plancki konstandiga h:

$$mvr_n = n\frac{h}{2\pi}$$

milles m on elektroni mass, v on tema kiiruse absoluutväärtus, r_n on lubatud ringorbiitide raadius ning n on suvaline positiivne täisarv (n = 1,2,3,...). Iga orbiidi raadiuse r_n väärtusele vastab aatomi koguenergia väärtus E_n.

Üleminekul ühest statsionaarsest olekust teise aatom kiirgab või neelab elektromagnetilise energiakvandi:

$$hv = E_n - E_{n'}$$

milles v on kiirguse sagedus, E_n on aatomi algoleku energia ja $E_{n'}$ on aatomi lõppoleku energia. Kui $E_n > E_{n'}$, siis aatom kiirgab, vastupidisel juhul neelab.

Täisarv n = 1,2,3,.. kirjeldab aatomi võimalikke statsionaarseid olekuid. Neid nimetatakse ka kvantarvudeks. Sellele igale väärtusele vastab aatomi koguenergia E_n ja elektron tiirleb selles olekus orbiidil raadiusega r_n.

Oluline on märkida, et Bohri aatomiteoorias kirjeldatakse aatomi statsionaarsete olekute dünaamilist tasakaalu klassikalise mehaanika järgi, mitte kvantmehaanika järgi.

3. *Aatomituumade ergastumine*

Aatomituumade „ergastumine“ ehk aatomituumade resonantsi tekkimine põhjustab elektromagnetlaine tekkimist, mis liigub ruumis edasi. Näiteks kehavedelikes ja vesinikuaatomi tuum (mida leidub väga paljudes molekulides) on väga head resonaatorid.

Aatomituumadel on olemas impulsimomendid ehk spinnid, sest need pöörlevad. Seepärast tekitavad prootonid (aatomituumades olevad prootonid omavad positiivset laengut, kuid neutronid on ilma laenguta) magnetvälja, mille mõlemad poolused asuvad aatomituuma pöörlemisteljel. Kuid neid pöörlemistelgi on võimalik pealeasetatud magnetvälja abil mõjutada nii nagu on võimalik suunata näiteks kompassi nõela. Seetõttu võib tekkida aatomituumade resonants.

4. *Valguse tekkimine kvantväljateoorias*

Kvantväljateoorias kirjeldatakse vaakumi polarisatsiooni, mille järgi moodustub ruumis pidevalt virtuaalseid osakeste-antiosakeste paare, mis elavad mõnda aega ning seejärel annihileeruvad.

Näiteks võib siinkohal välja tuua selle, et kvantväljateoorias võib virtuaalne elektron-positronipaar eksisteerida vaakumis maksimaalselt:

$$t = 1 * 10^{-22}\ sek$$

Selline ajaperiood on isegi veelgi väiksem aegruumi tunneli eksisteerimise ajaperioodist aegruumis.

Kvantväljateooria järgi tekitab elektroni laeng enda ümbritsevas ruumis ehk vaakumis virtuaalsete osakeste toimel intensiivseid protsesse. Elektroni negatiivse laengu ümbritsevas ruumis organiseeruvad positiivsed laengud üldiselt elektronile lähemale, kuid negatiivsed laengud aga kaugemale.

Kvantväljateooria järgi on kogu Universumi vaakum täis virtuaalseid osakesi ja seetõttu on vaakum tegelikult lõpmata kõrge energiatihedusega. Kuid renormeerimise tulemusena võime selle vaakumi energiatiheduse lugeda ikkagi praktiliselt nulliks, sest selline energianivoo, mis täidab ühtlaselt kogu meie

Universumi ruumi, ei ole tegelikult niikuinii mingil moel avalduv ega mõõdetav. 0 väärtuse võime lugeda mistahes kohta energiaskaalal.

Vastavalt kvantelektrodünaamika ehk kvantväljateooria seaduste järgi võib elektromagnetvälja vaadelda ka kui virtuaalsete footonite kogumina või nende voona. Elektriliselt laetud osakeste omavaheline vastastikmõju ehk interaktsioon seisneb tegelikult selles, et üks osake neelab ühe footonist, mille kiirgas esimene. See tähendab seda, et laetud osakesed vahetavad omavahel footoneid. Iga laetud osake tekitab enda ümber välja, mis tegelikult reaalselt seisneb footonite kiirgamises ja neelamises. Need footonid pole aga reaalsed, vaid neid mõistetakse virtuaalsetena. Neid virtuaalseid osakesi pole võimalik avastada nende eksisteerimise ajal. See teebki need virtuaalseteks. Tavaliselt on footoni ja mingi laetud osakese summaarne energia suurem kui paigaloleval laetud osakesel (footonil endal laengut ei ole). See aga rikub energia jäävuse seadust. Kuid kui laetud osakese poolt kiiratud footon neelatakse sama või mõne teise laetud osakese poolt enne ajavahemiku

$$\Delta t = h/\Delta E$$

möödumist, siis ei ole võimalik avastada energia jäävuse seaduse rikkumist. ΔE näitab energia kõrvalekallet impulsiga määratud väärtusest

$$E^2 = p^2c^2 + m^2c^4$$

Reaalne footon, mis võib kiirguda näiteks kahe laetud osakese põrkel, võib eksisteerida aga piiramatult kaua. Kahe ruumipunkti vahel, mille vahekaugus on

$$l = c\Delta t$$

on virtuaalsel footonil võimalik anda vastastikmõju ja seda siis Δt jooksul. Elektromagnetjõudude mõjuraadius võib olla mistahes suur, sest footoni energia

$$E = hf = mc^2$$

saab olla ükskõik kui väike. Valguse osakesi ehk footoneid kirjeldabki kvandienergia võrrand

$$E = hf = mc^2$$

kus f on laine sagedus ja h on Plancki konstant väärtusega

$$h = 6{,}62 * 10^{-34}\ \text{Js}$$

Välja vahendavad osakesed ei ole reaalsed, vaid on virtuaalsed, sest nad kannavad edasi energiat ja impulssi sõltumatult. Elektron võib kanda energiat, mis on väiksem tema seisumassist. Impulss, mida kantakse parajasti üle, ei pruugi olla suunatud tekkepunktist neeldumispunkti. Virtuaalne footon võib omada ka pikipolarisatsiooni komponenti. Sellepärast ongi need osakesed ebareaalsed ja seetõttu kutsutakse neid virtuaalseteks osakesteks. Nende olemasolu ei ole võimalik katseliselt tõestada.

Kvantmehaanikas kirjeldab osakeste liikumist ajas ja ruumis lainefunktsioon. Kvantmehaanika üks põhivõrrandeid

$$\lambda=h/p$$

ehk

näitab ära samaaegselt footoni nii tõenäosuslaine pikkuse kui ka valguslaine ehk elektromagnetlaine pikkuse. See tähendab füüsikaliselt seda, et footoni tõenäosuslaineks ongi tegelikult valguslaine ehk elektromagnetlaine. De Broglie´ valem λ=h/mv=h/p seob omavahel osakeste laineomadusi (λ) ja korpuskulaaromadusi (m, v, p).

5. *Valguse tekitamine elektrotehnikas*

Elektromagnetlainete tekitamiseks kasutatakse võnkeringe ehk pendlilaadselt võnkuvaid elektrilisi süsteeme, mille võnkesagedus on määratud süsteemi omadustega. Lühidalt öeldes on võnkering induktiivpooli ja kondensaatorit sisaldav vooluring. Piiratud ruumiosas toimuva elektromagnetvõnkumise tekitamiseks on vajalik suletud võnkering. Kuid ruumis lainena leviva võnkumise saamiseks tuleb kasutada avatud võnkeringi, mille korral elektromagnetväli ei jää enam võnkeringi detailide sisemusse. Niimoodi tekitataksegi kunstlikult elektromagnetlaineid, mis võivad levida vaakumis.

Avatud võnkeringina talitleb näiteks ka kaks metallvarrast (Hertzi vibraator või kahest vardast koosnev dipoolantenn). Kui laadida neid kahte metallvarrast vastandmärgiliselt läbilöögi pingeni, tekib varraste vahelises pilus sädelahendus (s.t. elektrivool). Vardad toimivad kui kondensaatori plaatidena. Varraste vahel eksisteeriv elektriväli muutus elektrivoolu läbimisel järsult. See kutsus esile elektromagnetlaine, mis ruumis edasi liigub. Tekkinud elektromagnetlainet on võimalik registreerida teise varraste paariga, mille vahel tekib siis säde. Tekkinud sädelahendus annab tunnistust elektromagnetlaine pärale jõudmisest.

6. *Elektromagnetlaine tekkimine kondensaatoris*

Kondensaatori plaatide vahel toimub vahelduvvoolu läbiminek muutuva elektrivälja vahendusel ka tühja ruumi korral. Näiteks nihkevooluks nimetatakse sellist nähtust, mille korral hakkavad laengukandjad laaduva plaadi tugevneva elektrivälja tõttu teisel plaadil liikuma. Laengute liikumisega kaasneb magnetväli, kuid seda esineb ka laengukandjate puudumisel kondensaatoriplaatide vahel olevas tühjas ruumis. Magnetvälja muutumisel tekib pööriselektriväli sõltumatult muutuse päritolust. Näiteks voolutugevuse muutumise korral poolis või püsimagneti nihutamise korral. Elektrivälja muutumisel tekib magnetväli samuti sõltumatult muutuva elektrivälja päritolust. See tähendab ka seda, et muutuva elektrivälja levik toimub magnetvälja vahendusel. Kondensaatori plaatide vahel esineb vahelduvvoolu läbimineku korral magnetväli, mille jõujooned ümbritsevad elektrivälja muutumise suunda. Magnetvälja jõujooned on kinnised jooned ehk pöörised ja elektrivälja muutus levib ruumis täpselt valguse kiirusega c.

7. *Osakeste kvantpõimumine*

Osakeste vahel esineb kvantpõimumine ainult siis, kui need osakesed on „tekkinud“ ühes ja samas protsessis. Näiteks omavahel ühenduses olnud kaks footonit (näiteks on need kiiratud üheskoos välja mõnest aatomist) jäävad „ühendusse“ ka mistahes suure vahemaa korral.

Näiteks osakese spinni oleku mõõtmise tulemus mõjutab teise osakese spinni olekut kõigest 0 sekundiga, mis ei sõltu osakeste vahekaugusest. See tähendab ka seda, et

osakeste kvantpõimumine esineb ainult osakeste spinnide olekute vahel.

8. *Maailma soojuskiirgumine*

Elektromagnetiline kiirgus (s.t. infrapunakiirgus) tekib laengute võnkumise tulemusena. Mistahes aine aatomite (s.t. ioonide) võnkumisel tekib üks kindel liik elektromagnetilist kiirgust. Võnkumine on suhteliselt madala sagedusega, kuna aatomitel on suured massid. Selle kiirguse lainepikkused asuvad nähtava valguse spektri punase ääre kõrval. Kiirguse lainepikkused on suurusjärgus 10^{-5} m. Sellist kiirgust nimetataksegi soojuskiirguseks ehk infrapunakiirguseks, kuna see tekib mistahes aine aatomite (ioonide) soojusliikumise ehk tahketes kehades võnkumise tulemusena. Sellise soojusliikumise keskmise kineetilise energiaga on seotud ka keha temperatuur. Infrapunakiirgust ehk infravalgust kiirgavad kõik kuumad kehad, näiteks Päike, hõõglamp, ahi, automootor ja isegi inimkeha. See tähendab, et kogu meie materiaalne maailm, mis eksisteerib ajas ja ruumis, kiirgab elektromagnetilist kiirgust.

Kogu meie reaalne ja füüsiline maailm, mis eksisteerib aegruumis, peaks „kiirgama“ valgust, kuna elektromagnetlaineid tekivad igal ajahetkel kõikjal tavaruumis (s.t. valgust tekib igal ajahetkel kõikjal Universumis).

Infravalgus ehk infrapunavalgus tekib peamiselt aatomite võnkumisel või pöörlemisel molekulides. Nähtavat valgust ning ultravalgust kiirgavad aatomite väliskihtide elektronid ehk valentselektronid. Röntgenikiirgus tekib kiirete elektronide järsul pidurdumisel või protsessidel, milles osalevad aatomite sisekihtide elektronid. Röntgenikiirguse lainepikkuse suurusjärk võrdub aatomite vahekaugusega tahkistes. Gammakiirgust väljastavad radioaktiivsel lagunemisel aatomite tuumad.

Temperatuur on selline füüsikaline suurus, mis kirjeldab süsteemi või keha soojuslikku olekut. Soojuslikku olekut võib nimetada ka soojusastmeks. Termodünaamilise tasakaalu korral on süsteemi kõigi osade temperatuur võrdne. Temperatuuride erinevuse korral „liigub“ soojus suurema temperatuuriga osadelt väiksema temperatuuriga osadele kuni temperatuuride ühtlustumiseni. Termodünaamika molekulaarkineetilise teooria kohaselt kirjeldab tasakaalustatud süsteemi temperatuur aatomite, molekulide ja teiste süsteemi moodustavate osakeste soojusliikumise intensiivsust. Statistilise füüsika seadustega kirjeldades on temperatuur süsteemi või keha mikroosakeste soojusliikumise keskmise kineetilise energia mõõt.

9. *Fotoefekti seaduspärasus*

Kui valgus langeb keha pinnale, siis osa valgusest neeldub ja osa peegeldub tagasi. Peegelduv valgus, mis jõuab inimese silmadesse, võimaldabki tekitada inimese ajus nägemise aistingut. Kui footon neeldub keha pinnal, siis see saab neelduda ainult tervikuna. See tähendab seda, et kui elektron neelab footoni, siis elektroni energia suureneb fotoefekti seaduse järgi täpselt $E = hf$ võrra. Elektroni energia suurenemise korral muutub elektroni elektriväli. Välja muutus tekitab lokaalses ruumipiirkonnas elektromagnetlaine, mille sagedus f on võrdne neelduva valguse sagedusega.

10. *Footoni lagunemine*

Teadaolevalt ei saa footon tegelikult laguneda, kuna footonist kergema seisumassiga

osakest ei ole Universumis olemas. Footoni seisumass võrdub nulliga, mistõttu ei saa footon olla paigal. See peab liikuma pidevalt valguse kiirusega c. Footon ei saa laguneda ka seetõttu, et liikudes valguse kiirusega c „seisab“ aeg tema suhtes paigal vastavalt erirelatiivsusteooriale. See tähendab, et footon jõuab „omaajas“ mistahes Universumi punkti kõigest 0 sekundiga. Sellest tulenevalt toimub kiirgumine ja neeldumine footoni suhtes samaaegselt jätmata vahepeal võimalust lagunemiseks.

11. *Osakeste annihileerumine ja tuumareaktsioonid*

Gammakiirgus ehk väga suure energiaga footonid tekivad elementaarosakeste annihileerumisel. Osakese ja antiosakese kokkupõrkel “hävivad” osakesed ehk nende massid muutuvad energiaks. Annihileerumise tulemusena tekib vähemalt kaks gammakvanti, mis kannavad ära osakeste kineetilise energia ja seisuenergia. Näiteks β^+ lagunemise korral tekivad beetaosakesed positronid, mis annihileeruvad enamasti laguneva aatomi enda elektronkatte elektronidega, tekitades gammakiirguse.

Tuumareaktsioonide korral kannavad gammakvandid ära tuumareaktsioonil tekkinud üleliigse energia. Näiteks aatomituumade lagunemisel muutub osa laguneva tuuma seoseenergiast lagunemisjääkide kineetiliseks energiaks ning ülejäänud osa energiast eraldub gammakiirgusena. Kui aatomituum neelab kineetilist energiat omava osakese (näiteks alfaosakese või neutroni), siis tuum ergastub. Selleks, et tuum läheks tagasi oma põhiolekusse, peab ta lisaenergiast vabanema, ehk kiirgama gammakvandi. Ergastatud olekusse võib jääda tuum ka pärast tuumareaktsiooni.

2.2.18.22.1 Valguse liikumiskiiruse mõistatus aegruumis

Valguse osakesed footonid liiguvad vaakumis kiirusega c, mille korral on aeg ja ruum teisenenud lõpmatuseni. Ajas rändamise teooria tõlgenduse järgi eksisteerivad footonid „väljaspool“ aegruumi, sest liikudes vaakumis kiirusega c on aeg aeglenenud lõpmatuseni

$$t` = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}} = \infty$$

ja ruumi pikkus lühenenud samuti lõpmatuseni

$$l = l_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = l_0\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}} = 0$$

(ehk aega ja ruumi enam ei eksisteeri).

Välisvaatleja jaoks on valguse kiirusega liikuval kehal kiiruseks c, kuid kiirusega c liikuva keha enda suhtes ehk nö. „omaajas“ jõuab see mistahes ruumipunkti Universumis ühe hetkega ehk tema kiirus on seega lõpmata suur. See tähendab seda, et valguse kiirusega liikuval kehal on liikumis-kiirus omaajas lõpmata suur, kuid samas välisvaatleja suhtes on selle keha kiirus ikkagi c. Tekib küsimus, et kui osake jõuab omaajas mistahes ruumipunkti ja ajahetke Universumis kõigest 0 sekundiga, siis kuidas saab osakese liikumiskiirus välisvaatleja suhtes olla c ehk võrdne valguse

kiirusega vaakumis või sellest väiksem kiirus? Ükskõik kui suur on vahemaa ruumis

$$\triangle x = c\triangle t$$

valgus läbib selle teepikkuse omaajas alati 0 sekundiga

$$\triangle t = 0$$

Kui mingi keha jõuab mistahes ruumipunkti 0 sekundiga ehk keha läbib mingi vahemaa 0 sekundiga, siis on võimalik seda mõista teleportatsioonina ja keha teleportatsioon ei sõltu vaatlejast ehk see ei ole suhteline nähtus – s.t. teleportatsioon on mistahes vaatleja suhtes ikka teleportatsioon. Kehad teleportreeruvad aegruumis, kui nende liikumiskiirused võrduvad lõpmatusega:

$$v = \infty$$

Lõpmata suure kiiruse korral jõuab keha mistahes ruumipunkti Universumis kõigest 0 sekundiga.

> Ajas rändamise füüsikateooria tõlgenduse järgi teleportreeruvad „väljaspool“ aegruumi ehk hyperruumis olevad kehad aegruumis. Selline arusaamine väljendubki selles, et „omaajas“ jõuab valguse kiirusega liikuv keha mistahes Universumi ruumipunkti ja ajahetke kõigest 0 sekundiga, kuna aega tema suhtes enam ei eksisteeri. Niimoodi avaldub lõpmata suur liikumiskiirus, mida mõistamegi „teleportatsiooni nähtusena“.

Eelnevalt püstitatud dilemma ainuvõimalik lahendus seisneb selles, et osake võib teleportreeruda mistahes ruumipunkti ja mistahes ajahetke (kuid ajas ainult edasi). Osake teleportreerub:

1. ruumipunktist A ajahetkel t_1 ruumipunkti B ja ajahetke t_2
2. ruumipunktist B ajahetkel t_2 ruumipunkti C ja ajahetke t_3
3. ja niimoodi lõputult edasi.

See tähendab seda, et osake teleportreerub ajas ja ruumis korraga ning seda pidevalt ehk lakkamatult. Kui osake teleportreerub ajas ja ruumis lakkamatult (kaootiliselt), siis seega ei ole võimalik täpselt ette teada, et millisesse ruumipunkti osake teleportreerub ja millisesse ajahetke. Seetõttu arvutatakse välja tõenäosused iga võimaliku ruumipunkti ja ajahetke kohta, kuhu osake (teleportreerumisel) jõuda võib. Kõik need tõenäosused on nullist erinevad ja summeerides kõik need tõenäosused, saame tulemuseks:

$$P = 100\ \%$$

Osakese tõenäosusjaotust ajas ja ruumis mõjutavad teised füüsikalised kehad nagu näiteks pilu, millest osake läbi läheb. Seda tõenäosusjaotust ajas ja ruumis võib ettekujutada kui vee lainena, millel on lainelised omadused. Seetõttu võib öelda, et tegemist on osakese tõenäosuslainega, mis levib ajas ja ruumis. See, mis juhtub vee lainega pilu läbimisel, juhtub sama ka osakese tõenäosuslainega, mis läbib samuti pilu. Tulemuseks on osakese laineline käitumine.

Laine faasikiirus võib valguse kiirusest (vaakumis) olla suurem. Kuna valguse kiirust vaakumis ei saa ületada, siis laine faasikiirus ei saa ilmselt reaalset osakest kirjeldada. Siinuseline laine, mis on lõputu, on tegelikult idealiseeritud, sest seda tegelikult ei ole looduses olemas. Faasikiirus näitab aga sama faasiga punktide levimiskiirust, mitte aga konkreetse osakese levimiskiirust. Uurida tuleb laine rühmakiirust. Olemasolevad lained on üldjuhul ruumis ikkagi lokaliseeritud. Need kujutavad endast mitme (tihti lõputu) siinuselise laine superpositsiooni. Just ruumis liikuvat osakest võibki selline lokaliseeritut lainet ehk lainepaketti kujutada. See tähendab, et laine rühmakiirus võrdub

osakese reaalse levimiskiirusega.

Seetõttu võib aegruumis liikuvat osakest kujutada lainepaketina ehk lokaliseeritud lainena, mis kujutab endast mitme või lõputu siinuselise laine superpositsiooni. Mida suurem on superpositsiooni lainearvude vahemik, seda kitsam on lainepakett. See kehtib ka vastupidisel juhul. Lainearv ja impulss on omavahel seotud. See tähendab ka seda, et osakese lainepakett kannab endas impulsi ja energiat ning selle lainepaketi levimiskiirust näitab laine rühmakiirus, mis ongi võrdne ka osakese reaalse liikumiskiirusega ehk antud juhul valguse kiirusega c.

Seetõttu saamegi välisvaatleja jaoks valguse kiirusega liikuva keha kiiruseks c, kuid kiirusega c liikuva keha enda suhtes ehk nö. „omaajas“ jõuab see mistahes ruumipunkti Universumis ühe hetkega ehk tema kiirus on seega lõpmata suur.

> MÄRKUS 1: Eespool me eeldasime, et osake teleportreerub Universumis mistahes ruumipunkti ja ajahetke (ajas ainult edasi), kuid tegelikult tuleb arvestada sellist ruumiosa, mis on võrdne lainepikkusega. See tähendab seda, et osake teleportreerub pidevalt ja lakkamatult (kaootiliselt) tõenäosuslainet hõlmavas ruumiosas, mitte kogu Universumi ruumala hõlmavas ruumiosas.
>
> MÄRKUS 2: Siinkohal olgu öeldud, et osake saab teleportreeruda ainult ajas edasi (näiteks ajahetkest t_1 ajahetke t_2), kuid mitte mineviku suunas. Osakese teleportatsiooni korral on võimalik ka seegi, et üks ja sama osake saab eksisteerida mitmes erinevas ruumi asukohas „samaaegselt“. Kuid minevikku teleportreeruda ei saa olla siiski võimalik, kuna see läheks vastuollu üldise energia jäävuse seadusega ja hyperruumi K’ ning tavaruumi K füüsikalise süsteemiga. Näiteks kõik kehad Universumis liiguvad hyperruumi suhtes valguse kiirusega c ja seda ainult ühes suunas – tuleviku poole. Seetõttu peavad seda tegema ka kõik teleportreeruvad kehad Universumis.
>
> MÄRKUS 3: Ajas rändamise füüsikateoorias tõestatakse, et kui mingi protsess võtab aega Plancki aja pikkuse perioodi ehk 10^{-44} sekundit, siis on see põhimõtteliselt samaväärne 0 sekundi kestvuse protsessiga. Need on põhimõtteliselt füüsikaliselt samaväärsed, kuid mitte matemaatiliselt, kuna Plancki ajaperiood on niivõrd väike, et seda pole katseliselt võimalik mõõta. Plancki ajaperiood jääb katseliste võimaluste piiridest väljapoole ehkki see ei võrdu päris nulliga. Seetõttu võib märkida, et kui osake liigub valguse kiirusega c, siis „omaajas“ jõuab see osake mistahes ruumipunkti Universumis 0 sekundiga või Plancki aja perioodiga (ehk 10^{-44} sekundiga). See tähendab seda, et keha teleportreerub ajas ja ruumis 0 sekundiga või 10^{-44} sekundiga.

Kui keha liigub ruumis lõpmata suure kiirusega, siis seda mõistame „teleportatsiooni nähtusena“. Teleportatsioon ei saa olla relatiivne ehk suhteline nähtus, kuna lõpmata suur kiirus peab olema mistahes vaatleja jaoks samuti lõpmata suur. Seetõttu on loogiline eeldada, et kui keha (näiteks osake) jõuab „omaajas“ mistahes ruumipunkti Universumis ainult ühe hetkega ehk seega lõpmata suure kiirusega:

$$v = \infty$$

siis peab ka „välisvaatleja suhtes“ osake jõudma mistahes ruumipunkti ühe hetkega ehk seega samuti lõpmata suure kiirusega:

$$v' = \infty$$

Reaalses maailmas see nii aga ei ole, kuna välisvaatleja suhtes liigub valguse kiirusega osake ikkagi valguse kiirusega c. Kuidas on see võimalik? Ainuvõimalik lahendus seisnebki selles, et lõpmata suur kiirus põhjustab osakese pidevat ja lakkamatut (kaootilist) teleportreerumist aegruumis, mis põhjustab omakorda osakese lainelist eksisteerimist, mille korral võrdub osakese reaalne liikumis-

kiirus välisvaatleja suhtes laine rühmakiirusega, mis võibki võrduda valguse kiirusega c:

$$v = \frac{l}{t} = \frac{1}{t} l = f\lambda = c$$

See on füüsikaliselt ainuvõimalik lahendus. Viimases võrrandis me näemegi seda, et „ajaline komponent“ võib näidata laine sagedust f:

$$\frac{1}{t} = f$$

ja „teepikkus“ võib näidata lainepikkust:

$$l = \lambda$$

See tähendab seda, et eespool esitatud dilemma laheneb seetõttu, et klassikalise kiiruse definitsiooni asemel:

$$v = \frac{l}{t} = \infty$$

saame arvestada laine levimiskiiruse definitsiooniga:

$$v = f\lambda = c$$

Osakese pidevast ja lakkamatust (kaootilisest) teleportreerumisest tingitud tõenäosuslaine aegruumis peab kandma endas impulssi p = mc ja energiat E = pc. Seetõttu korrutame laine liikumiskiiruse võrrandi

$$c = f\lambda$$

mõlemad pooled massiga m:

$$mc = p = mf\lambda$$

ja seejärel korrutame võrrandi mõlemad pooled valguse kiirusega c:

$$mc^2 = E = pf\lambda$$

Tulemuseks saame energia E võrrandi:

$$E = p\frac{1}{t}\lambda$$

mis annab meile järgmise võrduse:

$$Et = px$$

Saadud tulemus on jahmatav, sest viimane võrdus näitab põhimõtteliselt tuntud määramatuse seoseid kvantmehaanikast:

$$\Delta E \Delta t \geq h$$

$$\Delta p \Delta x \geq h$$

milles esineb Plancki konstant h.

2.2.19 Väljade „eraldumine“ inimese närvikoest

2.2.19.1 Sissejuhatuseks

Spiritism ja loodusteadused on arenenud üheaegselt, jagades inimesed kahte leeri. On need, kes usuvad elusse pärast surma. Ja on need, kes usuvad teadust. Nad usuvad asjadesse, mida saab mõõta ja tõestada.

Kuulus lambipirni leiutaja Thomas Edison sattus kaaskondsete naeruvääristamise alla, kui levis jutt, et ta töötab „kummitusraadio“ kallal. Edison uskus, et surnutega on võimalik ühendusse astuda. Ta uskus, et inimestel on kaks energiaüksust rakkude juhtimiseks. Üks meie keha jaoks ja teine iseloomu jaoks. Edison väitis, et kui sureme ja füüsilised rakud enam ei tööta, siis meie iseloomuga seotud osa energiast elab edasi. Õige tehnoloogia abil peaksime suutma selle osaga suhelda. Edison ei suutnud ehitada töötavat „kummitusraadiot“. Signaali lihtsalt pole.

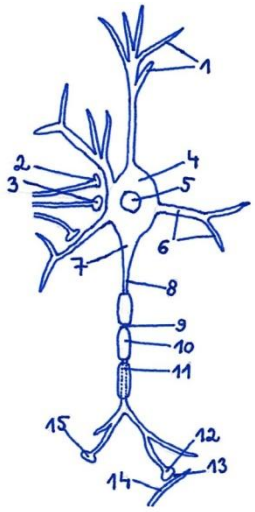
Edison väitis, et kui me sureme ja füüsilised rakud enam ei tööta, siis meie iseloomuga seotud osa energiast elab edasi. Tundub, et Thomas Edisonil oli selles osas siiski õigus. Energia, mis on seotud inimese iseloomuga, „asub“ inimese närvisüsteemis, eelkõige peaajus. Näiteks kui ajust „eralduksid“ elektromagnetlained, siis seega olekski tegemist sellise energiaga, mis Edison seostas inimese iseloomuga. Kuid Edison ei osanud arvestada elektromagnetlainete ja aegruumi omavaheliste seostega, mille korral eralduvad inimese ajust füüsilised väljad „väljapoole aegruumi“. Seetõttu ei saanudki Edison ehitada kummitusraadiot, kuna me ei saa kätte selliseid signaale, mis jäävad „väljapoole aegruumi“. Kuid Edisoni mõttelaadi üldine põhimõte ja suundumus sarnaneb väga praeguse aja inimese kehast väljumise füüsikateooriaga.

Eespool me nägime seda, et elektromagnetlaine tekkimisega tavaruumis peab tekkima seda ka hyperruumi. See tähendab, et elektromagnetlaine peab tekkima alati samal ajal korraga nii tavaruumi kui ka hyperruumi. Kuid järgnevalt me näeme seda, et elektromagnetlaineid tekib ka inimese närvisüsteemis (näiteks inimese ajus) ja seetõttu võivad elektromagnetlaineid tekkida hyperruumi ka inimese närvisüsteemi talitluse käigus, mis oleks inimese kehast väljumise üheks füüsikaliseks põhialuseks.

2.2.19.2 Neuroni ehitus ja elektriline talitlus

Närvirakud on ehituselt kõige mitmekesisemad rakud. Neuronid koosnevad rakukehast, dendriitidest, aksonist ja närvilõpmetest. Aksoneid ümbritseb müeliinkest, millel on katkestused ehk nn Ranvier’ soonised.

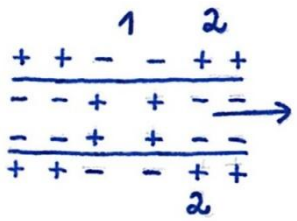
Peale neuronite on ajus ka gliiarakud, mis ei juhi erutusi. Need isoleerivad neuroneid ja nende jätkeid üksteisest, toidavad neuroneid ning loovad närvikoe ruumilise ülesehituse. Näiteks neuronite aksoneid ümbritseb rasvarikas aine nimega müeliin, mida toodavadki gliiarakud, kui need mähivad end ümber aksonite. Müeliin annabki aju valgeainele heleda värvuse. Valgeaine on palju neuronite jätkeid sisaldav pea- või seljaajupiirkond.



Joonis 3 Närviraku ehitus, 1 – tipmised dendriidid, 2 – teise neuroni akson, erutusnärvilõpe, 3 – teise neuroni akson, pidurdusnärvilõpe, 4 – rakukeha, 5 – rakutuum, 6 – basaaldendriidid, 7 – aksonikünkake, 8 – aksoni algsegment, 9 – Ranvier' soonis, 10 – müeliinkest, 11 – akson, 12 – presünaptiline osa, 13 – sünaptiline pilu, 14 – dendriit, 15 – närvilõpe.

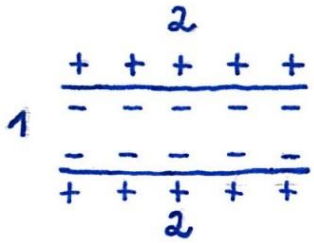
Närviraku ehk neuroni rakumembraan on elektrilaengute poolt polariseeritud, mis tähendab seda, et rakumembraani sisepinnal on võrreldes selle välispinnaga negatiivsete laengute ülekaal ja nende pindade vahel esineb elektriliste potentsiaalide vahe ehk elektriline pinge. Mööda neuroni aksonit liigub tegevuspotentsiaal rakumembraani depolarisatsioonina. Depolarisatsioon kestab lühikest aega. Tegevuspotentsiaali tekkimist ja kadumist põhjustab rakumembraanis olevates ioonkanalites laengute (s.t. ioonide) liikumine. Närviimpulss ise levib ainult ühes suunas.

Ajus on umbes 86 miljardit neuronit ja nende vahelised ühendusteed kokku ulatuvad 165 tuhande kilomeetrini. Närviimpulsid levivad samuti üle kogu närvisüsteemi. Repolariseerumis- ja depolariseerumisfaasid kokku moodustavad närviimpulsi ehk aktsioonipotentsiaali, mis tekib alati maksimaalse amplituudiga kõik-või-mitte-midagi-seaduse järgi. Kui tekib elektriline pinge, siis naabruses olev aksonipiirkond depolariseerub. Närviimpulss levib niimoodi mööda aksonit, mis on ümbritsetud müeliinkestaga. Aktsioonipotentsiaal levib selles ühest Ranvier´ soonisest teise.



Joonis 4 Närvikiud, 1 – ärritaja, 2 – väliskeskkond. Niimoodi levib närviimpulss mööda närvikiudu. Sellega kaasneb ajuaktiivsus ehk tuhandete neuronite laenglemine.

Närviimpulsside levimiskiirused võivad vahel olla isegi rohkem kui 100 m/s. Aksonites, mille läbimõõdud ulatuvad umbes 20 mikromeetrini, esinevad kõige suuremad närviimpulside liikumiskiirused. Kuid näiteks müeliinkestata haistmisnärvi aksonites läbimõõduga umbes 0,2 mikromeetrit on liikumiskiirus ainult 0,1 – 0,2 m/s. Närviimpulsi amplituud on enamasti 120 – 140 mV ja impulsi kestus on umbes 1 ms.



Joonis 5 Närvikiud, 1 – närvikiud, 2 – väliskeskkond. Sellisel juhul närviimpulsse ei ole ja seega ei esine ajuaktiivsust. Kuid sellegipoolest esineb närvisüsteemis laengute polarisatsioon.

Sisuliselt on närviimpulsid oma olemuselt kui elektrilaengute polarisatsiooni muutuste levimine ajas ja ruumis, mis põhjustavad tuhandete neuronite laenglemist ehk närvirakkude membraani laengute polarisatsiooni muutumist ajas. Neid võib mõista ka kui laengute polarisatsiooni „häiritustena“. Kui aga närviimpulsid enam ei levi närvisüsteemis, siis närvisüsteemis eksisteeriv laengute polarisatsioon ei ole enam ajas ja ruumis muutuv ehk ei ole enam „häirunud“. Ajus olevate närviimpulside lakkamise korral on tegemist juba inimese ajusurmaga. Aga nii võib olla ka kliinilise surma ajal. Ja kliinilise surma eel on inimesed väidetavalt tõesti oma kehadest väljunud ja eksisteerinud ainult valgusena.

2.2.19.3 Neuronite sünapsite ehitus ja talitlus

Saabuva elektrilise ja keemilise sõnumi mõjul on neuronite jätked, jätketel asetsevad ogad, närvilõpmed ja neis asetsevad struktuurid pidevas muutumises.

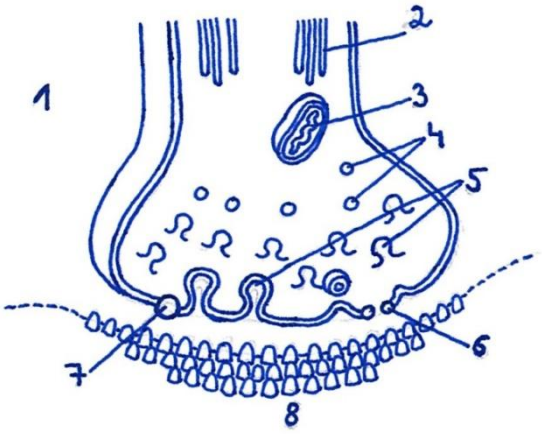
Inimese ajus on neuroneid peaaegu 100 miljardit. Ühel neuronil võib olla side mitme tuhande teise neuroniga. Neuroni laenglemine ehk närvierutuse levimine ühe neuroni piires on elektriline protsess, kuid sünapsites toimuv on keemiline protsess. Neuroni keha ja aksoni piiril asub „aksonikünkake“, mille rakumembraan on samuti polariseeritud. Seda polariseeritust vähendavad närvierutused, mis saabuvad naaberneuronitelt. Kui polariseeritus väheneb üle teatud piiri, siis vallandub tegevuspotentsiaal, mis seisneb selles, et raku membraanipotentsiaal muutub väga kiiresti lühikeseks ajaks vastupidiseks ja see muutus levib mööda aksonit millisekundite jooksul suuri vahemaid kuni neuroni närvilõpmeteni. Kuid ühelt neuronilt teisele jõuab närvierutus „keemiliselt“, mis tähendab seda, et ühed neuronid ärgastuvad teiste neuronite närvilõpmetest vabanevate keemiliste ainete tõttu. Selliseid keemilisi aineid ehk „virgatsaineid“ ehk „neurotransmittereid“ sünteesitakse ja säilitatakse närvilõpmetes.

> Kuid sellised virgatsained, mis on peptiidstruktuuriga ehk koosnevad aminohapetest (näiteks endopioidid või neuropeptiidid Y), sünteesitakse neuroni kehas ja transporditakse mööda aksonit närvilõpmetesse.

Neuroni närvilõpmetest vabanevad virgatsained ehk neurotransmitterid tegevuspotentsiaali tõttu. Need keemilised ühendid muudavad teiste rakkude talitlust, seondudes retseptoritega.

„Säilituspõiekeste“ membraan sulandub rakumembraani, kui aksonit mööda jõuab elektriline erutus närvilõpmesse. Sellisel juhul vabanevad rakkudevahelisse ruumi virgatsained. Virgatsained vabanevad sellises asukohas, kus kahe neuroni rakumembraani vaheline kaugus võib olla umbes paarkümmend nanomeetrit. Üks nanomeeter võrdub 10^{-9} meetrit. See on närvilõpe, kus esineb vastasseisva neuroni membraan ehk nendevaheline pilu. Seda nimetatakse sünapsiks ja närviimpulsi

ülekannet selles sünaptiliseks. Neuronil, mis võtab vastu närvierutust, on sünapsis rakumembraanis retseptorid. Need on valgud, mis seovad virgatsaine molekule, mille tagajärjel käivituvad rakus biokeemilised protsessid närvierutuse edasiandmiseks või muudavad koheselt rakumembraani elektrilisi omadusi.



Joonis 6 Sünapsi ehitus, 1 – närvilõpe, 2 – mikrotorukesed, 3 – mitokonder, 4 – sünaptiline põieke, 5 – sünaptiliste põiekeste sulandumine presünaptilisse membraani, 6 – autoretseptorid, 7 – virgatsaine transporter, 8 – postsünaptiline rakumembraan.

Kui elektriimpulss jõuab lõpuks närvilõpmesse, siis vallandab see virgatsainete voo sünaptilises pilus. See tähendab seda, et tegevuspotentsiaali jõudmise korral närvilõpmesse sulanduvad (sünapsi presünaptilises osas) säilituspõiekeste membraan rakumembraani, mis vallandab virgatsained sünaptilisse pilusse. Närvilõpmes olevad säilituspõiekesed sisaldavad endas virgatsaineid. Postsünaptilises rakumembraanis olevad valgumolekulid ehk retseptorid seovad virgatsained. Selleks, et virgatsaineid liiga palju ei vabaneks, takistavad seda presünaptilised autoretseptorid. Virgatsaine vallandumise toime lõpetavad transportermolekulid, mis kannavad virgatsaine tagasi närvilõpmesse.

Sõnumid, mida neuronid võivad oma naabritele saata, võivad olla erutavad või pidurdavad ning sellest tulenevalt võib neuroneid liigitada erutusneuroniteks ja pidurdusneuroniteks. Erutusneuronid suurendavad tõenäosust tegevuspotentsiaali tekkimiseks sõnumi saaja membraani elektrilise polariseerituse vähendamise kaudu. Kuid pidurdusneuronid suurendavad rakumembraani polariseeritust, mis põhjustab teise neuroni mitte-ärgastumist.

Virgatsaine toime postsünaptilisele neuronile võib lõppeda kolmel erineval põhjusel:

1. Suurem osa virgatsainest on lammutatud
2. Virgatsaine on sünapsist ära difundeerunud
3. Virgatsaine on tagasi haaratud närvilõpmetesse, millest see vabanes.

Nendest kolmas põhjus on peamine. Neuroni närvilõpmete membraanis asuvad transportermolekulid, mis kannavad virgatsaineid tagasi närvilõpmetesse. Virgatsaine, mis tagasi haaratakse, võidakse koguda uuesti säilituspõiekestesse või ensüümid lammutavad neid lihtsalt ära. Kuna virgatsaineid on mitu tosinat, siis seega suurendab see ajutalitluse mitmekesisust. Kuna paljude neuronite membraanidel asuvad mitmesugused retseptorid ehk valgumolekulid, siis seega on paljud neuronid „polüglotid“, mis tähendab seda, et nad mõistavad mitmeid keemilisi keeli.

Virgatsainete toime liigitub suurel määral kaheks. Näiteks retseptoritele on seotud virgatsainemolekulid, mis muudavad mõnedes sünapsites ioonide ehk elektrilaengute läbilaskvust neuroni membraanis. See põhjustab koheselt närviraku membraani potentsiaali muutuse ja seega ka erutuvuse muutuse. Kuid on olemas ka teine variant. Näiteks kui retseptorid on ergastatud

virgatsainest, siis selle kuju muutub. Selletõttu on mõjutatud järgmiste valkude omadused neuronis, näiteks paljud ensüümid aktiveeruvad üksteise järel. See võib põhjustada suuri ja kiireid muutusi tähtsate valkude omadustes ja neuroni elutegevuses. Kui aga tegevusse haaratakse ka transkriptsioonifaktorid, siis võivad muutused olla hoopis pikaajalisemad. Transkriptsioonifaktorid on valgud, millest sõltub geeniekspressioon ehk valkude moodustumine geenide alusel.

Siinkohal peab märkima seda, et närviteabe keemiline edastamine ei ole alati sünaptiline. Näiteks ajutüves asuvad sellised tuumad (tuumad on neuronite kehade kogumid), mille aksonid hoiavad suuri piirkondi eesajus kontrolli all. Need aksonid piirkonniti laienevad ja vabastavad virgatsainet. See imbub ajukoes laiali, mis põhjustab omakorda kõikide ettejäävate närvirakkude erutamist, millel asuvad retseptorid, mis tunnevad antud virgatsainet ära. See tähendab seda, et tegevuspotentsiaal, mis on vallandunud näiteks ühestainsast neuronist, suudab mõjutada väga kiiresti ajukoore neuroneid otsmikusagarast kuni kuklasagarani. See võimaldab inimesel säilitada püsivat tähelepanu ja vahetada tähelepanu all olevat fookust.

Ajus tekivad elektriväljad neuronipopulatsioonide funktsioneerimise tulemusena. Läbi neuronite membraani liikuvad ioonid loovad muutusi elektrivälja potentsiaalides, mis asub neuronite vahel. Neuroni laenglemise tulemusena muutub neuroni potentsiaal membraanis umbes 100 mV. On teada seda, et seosed, mis on närvirakkude vahel, on võimalised võimendama muutusi, mis esinevad nö ainult üksikraku tasemel. Selle tulemusena võivad üksikneuronite membraanipotentsiaalis esinevad väikesed (kuid globaalsed) muutused viia suurte muutusteni neuronivõrgustiku tasemel. Kui aga neuronivõrgustikele rakendada mingisugust elektrivälja, siis võib neuronivõrgustiku funktsioneerimine järgida selle elektrivälja funktsioneerimist. Isegi väga väikeste tugevustega elektriväljad on võimelised mõjutama neuronipopulatsiooni aktiivsust. Sellise väljatugevuse läveks oleks siis umbes 0,25 – 0,50 mV/mm. See tähendab seda, et ajus olevaid protsesse on võimalik elektrivälja abil võimendada. Kõik see tähendab seda, et närvirakud ehk neuronid tekitavad (rakuvälises keskkonnas) elektrivälja ja see sama elektriväli mõjutab neuroneid endid. See tähendab ka seda, et kui neuronid on mõjutatud samasuguse elektrivälja poolt, siis on võimalik neuronite funktsioneerimise ühtlustada ka siis, kui need ei ole omavahel seotud näiteks aksonitega või dendriitidega (ehk siis anatoomiliselt). Selline (emergentne) omadus võimaldab ajus olevatel neuronitel ja nende populatsioonidel kommunikeeruda teisiti kui ainult neuronaalsete seoste abil.

2.2.19.4 Füüsikalised väljad sünaptilistes ühendustes

Elektriimpulssi (vahel ka pingeimpulssi) nimetatakse neuroteaduses lihtsalt erutuseks. Kuid puhkeseisundi olukorda, mil erutust ei toimu, nimetatakse pidurduseks. Erutus ja pidurdus on vastandlikud närviprotsessid, kuid need on omavahel tihedalt seotud. Erutus võib minna üle pidurduseks ja vastupidi. Membraani elektrilist polariseeritust vähendab erutus, mille tõttu võib tekkida tegevuspotentsiaal. Kuid rakumembraani polariseeritust suurendab pidurdus, mille tõttu neuron enam ei ärgastu. Inimese une ajal esineb üldine pidurdus, mille korral inimene ei reageeri enam ümbritsevale keskkonnale. Kuid sügavasse mõttesse langemise korral esineb osaline pidurdus.

> Puhkeseisundi ajal on neuroni sisekeskkond väliskeskkonnaga võrreldes negatiivse pinge all ehk neuron on elektriliselt polariseerunud. Toime- ehk tegevuspotentsiaali ajal (s.t. elektriimpulsi tekkimisel või levimisel neuronisse) muutub neuroni membraani polarisatsioon lühikeseks ajaks vastupidiseks ehk neuron laengleb. Sellisel juhul on neuroni sisekeskkond väliskeskkonnaga võrreldes positiivse pinge all.

Tegevuspotentsiaal vallandub siis kui aksonikünkakesel on rakumembraani polariseeritus vähenenud üle teatud piiri. See saab juhtuda ainult erutavate signaalide mõjul, mis on saabunud naaberneuronitelt. Aksonikünkake asub närviraku keha ja aksoni piiril. Membraanipotentsiaali muutus, mille korral on see muutunud väga järsku vastupidiseks ja mis esineb väga lühikest aega, levib mööda aksonit kuni närvilõpmeteni. Kõik see toimub kõigest millisekundite jooksul.

Sünapsid on keemilised või elektrilised, kuid enamasti on need ikkagi keemilised. Sünaps koosneb presünaptilisest ja postsünaptilisest membraanist. Närviimpulss levib ainult presünaptilisest rakust postsünaptilise raku suunas.

Rakkude membraanidevahelised ühendused on elektrilises sünapsis väga tihedad. Näiteks läbi avatud naatriumkanalite liiguvad Na-ioonid teise rakku, mis põhjustab raku depolarisatsiooni. Mulkühendusteks ehk neksusteks nimetatakse selliseid piirkondi rakumembraanis, mida läbivad elektrivoolu kandvad ioonivoolud.

Keemilise sünapsi korral jõuab elektriimpulss lõpuks aksonit mööda närvilõpmesse. See põhjustab seal säilituspõiekeste membraani sulandumist rakumembraani, mille tõttu vabanevad rakkudevahelisse ruumi virgatsained, mis varem eksisteerisid närvilõpe sees. Virgatsained võimaldavad närviimpulsi ülekannet ühelt neuronilt teisele. Need on ajus olevad bioaktiivsed ühendid, mis on sünteesitud organismi enda poolt. Seetõttu nimetatakse neid ka endogeenseteks aineteks. Sellel neuronil, mis võtab vastu virgatsained, on sünapsis rakumembraanis retseptorid. Retseptorid on valgumolekulid, mis seovad virgatsaine molekule. Valgud võivad käivitada biokeemiliste protsesside ahela signaali edasiandmiseks rakus või muudavad kohe rakumembraani potentsiaali.

Kõik virgatsained on ioonid ehk elektrilaengud ja seetõttu laengute esinemine sünapsis tähendab välja olemasolu sünaptilises pilus. Nii on see siis, kui tekivad ja levivad elektriimpulsid ühelt neuronilt teisele ehk ajuaktiivsuse olemasolu korral. Kuid aju puhkepotentsiaali seisundi ajal ei ole ajupiirkonnad enam elektriliselt aktiivsed ehk need ei laengle. See tähendab elektriimpulsside tekkimise ja levimise mitte-esinemist ja selle tõttu ei vallandu sünaptilistes piludes enam virgatsaineid. Sellisel juhul on sünaptilised pilud laengutest vabad, kuid sellegipoolest esineb seal nõrk elektriväli.

Sünaptilises pilus esineb väli ka siis, kui ei vallandu virgatsaineid ehk ioone. See tuleneb sellest, et kogu neuroni pind on laengute poolt polariseeritud – kaasa arvatud ka aksonid, närvilõpmed ja dendriidid. Närvilõpmetes asuvad säilituspõiekesed ja dendriitides retseptorid ehk ioonkanalid, mida võib vaadelda kui polariseeritud pinna „aukudena“, mida läbivadki need virgatsained. Ülejäänud pinna pindala on elektriliselt polariseeritud ja sellest tulenevalt satuvad kaks pinda, mis on laetud, omavahel vastastikmõjusse, kui need satuvad väga lähedale nagu sünaptilise pilu korral. Seetõttu esineb sünaptilises pilus väli ka siis, kui virgatsaineid otseselt ei vallandu. Kuid see väli on väga nõrk.

> Neuronid (sealjuures aksonid ja jätked) on laengute poolt polariseeritud. Kuid närviraku ehk neuroni membraani pindala ei ole siiski täielikult (ehk 100 %) polariseerunud, sest mõnedes rakumembraani piirkondades (näiteks sünapsites) esinevad retseptorid ehk valgumolekulid (nn ioonkanalid) või säilituspõiekesed. Neid võib vaadelda kui polariseerunud rakumembraani pinna „aukudena“, mistõttu ei ole neuroni kogu pindala täielikult polariseerunud.

Sünaptilises pilus esineb täpselt samasugune energiaväli, mis eksisteerib ka närvikiu ja neuroni polariseeritud pindade vahelises ruumis ehk negatiivselt laetud sisekihi ja positiivselt laetud väliskihi vahel. Sünaptilise pilu laius ehk vahemaa on umbes 20 – 30 korda suurem neuroni polariseeritud pindade vahekaugusest, mis küündib umbes 2 – 3 nanomeetrini. Seetõttu on väli sünaptilises pilus palju nõrgem, kuid see on siiski olemas. Laenglevate neuronite vahekaugused on sünaptiliste piludega võrreldes palju kordi suuremad.

Neuronite sisekeskkond on väliskeskkonna suhtes negatiivse pinge all ja elektriimpulsi tekkimise või levimise korral muutub neuroni membraani polarisatsioon lühikeseks ajaks vastupidiseks. Nii on see kõikide neuronite korral ja sama on ka sünaptilise piluga, milles kohtuvad

omavahel ühe neuroni akson ja teise neuroni dendriit. Põhimõtteliselt võib ka nii öelda, et see väli, mis esineb laenglevate neuronite vahelises ruumis, esineb ka neuronite sünaptilistes piludes puhkeseisundi ajal, kuid see väli on lihtsalt palju nõrgem. Nii nagu on aksoni ja neuroni pind laengute poolt polariseeritud, on ka sünapsis olev presünaptilise neuroni närvilõpe ja postsünaptilise neuroni dendriidi pind laengute poolt polariseeritud. Ainus vahe seisneb selles, et närvilõpme membraanis asuvad säilituspõiekesed ja dendriidi membraanis retseptorid ehk ioonkanalid, mis sisaldavad endas valgumolekule. Need on kui polariseeritud pinna „augud“, mis asetsevad omavahel vastastikku ja mida läbivad virgatsained.

Neuroni polariseeritud pinna ehk negatiivselt ja positiivselt laetud kihi vaheline kaugus on enamjaolt nanomeetrites ehk 10^{-9} m. Niisamuti ka sünaptiliste pilude vahekaugused neuronite vahel jäävad nanomeetrite mõõtkavasse. Näiteks sünapsi pilu laius võib olla kõigest 20 – 30 nm.

2.2.19.5Ajulained

Närviimpulss ehk elektriline signaal tekitab ümbritsevas ruumis magnetvälja. Kui impulss suubub neuronisse, siis neuron hakkab laenglema, mis tekitab ruumis omakorda elektrivälja. Niimoodi tekitavad impulsid ka elektrivälju. See tähendab ka seda, et magnetväli muutus elektriväljaks ja kui neuronist väljub impulss, siis elektriväli muutub uuesti magnetväljaks. Magnetväli on oma olemuselt liikuv elektriväli. Niimoodi esineb ajus pidev elektri- ja magnetvälja üksteiseks muutumine, mis ongi tegelikult kogu aju funktsioneerimise füüsikaliseks aluseks. Elektri- ja magnetvälja üksteise muutumine esineb näiteks ka elektromagnetlaines, mis on võimeline ruumis eksisteerima ilma laengute olemasoluta. Närvirakud ehk neuronid ei ole ruumis üksteisest isoleeritud, mis tähendab seda, et kui neuronid ajus laenglevad, siis elektriväljade kaudu satuvad need üksteise suhtes interaktsiooni täpselt nii nagu tavalised laetud kehad ruumis.

Inimese peaaju läbib sekundis miljoneid närviimpulsse. Need impulsid tekitavad ümber pea elektrivälja, mille tugevust mõõdetakse elektroentsefalograafiga. Sellega saadud graafikut nimetatakse elektroentsefalogrammiks ehk lühidalt EEG-ks. Närvirakkudes tekivad elektrilised võnkumised. See tähendab seda, et ajus on neuronite aktiivsused, mis korduvad teatud ajavahemiku tagant. Näiteks mingi kindel neuronipopulatsioon on aktiivne iga 20 ms tagant. Selles seisnebki ajurütmide olemus.

> Kui impulss suubub neuronisse või neuron väljastab impulsi, siis neuron laengleb. See tähendab ka seda, et neuroni laenglemissagedus (mida võib põhimõtteliselt käsitleda ka neuronite aktivatsiooni laine sagedusena) näitab ka impulsside hulka. Näiteks kui sagedus on suur, siis impulsse levib ajus rohkem. Kui aga sagedus on väike, siis impulsse on ajus vähem.

Ajurütmid on olemas alfa, beeta, teeta ja delta sagedusega. Näiteks delta rütm esineb inimesel sügava une ajal. Selle sagedus on kuni 4 Hz. Kuid delta rütm töötleb ka keskkonna rütme. Delta rütmi on täheldatud ka isegi kognitiivsete protsesside korral. Mäluprotsesside korral on oluline just teeta rütm, mis on 4-8 Hz sagedusega. Alfa rütm on sagedusel 8-12 Hz. Alfa rütm on seotud ajus paljude pidurdavate protsessidega ja aktiivse infotöötlusega. Kuid aktiivse infotöötlusega ja ka motoorikaga on seotud ka beeta rütm, mille sagedus on 12-30 Hz. Gamma sagedus algab alles 30 Hz ja lõpeb see enamasti 150 Hz juures, kuid on täheldatud ka 600 Hz gamma sagedust. Gamma rütm on seotud samuti aktiivse infotöötlusega, kuid samas ka teadvusega. Näiteks on ta seotud ka mälu- ja tajuprotsessidega, tähelepanuga jne. Sensoorse töötluse efektiivsust mõjutavad samuti gamma rütm ja rütmifaas.

> Näiteks sügav ehk unenägudeta uni esineb delta lainete ajal (0,5 – 3 Hz), mis on aga

väga aeglased aju lained. Kerge uni ja REM-uni esinevad aga teeta lainete ajal (4 – 8 Hz), füüsiline ja vaimne lõdvestunud ärkveloleku seisund alfa lainete ajal (9 – 13 Hz), normaalne ärkveloleku seisund beeta lainete ajal (14 – 30 Hz) ja kirkad unenäod gamma sagedusel (enam kui 30 Hz). Inimesel, kes on täiesti terve ja kellel on rahuolekus silmad kinni, esinevad alfalained (8 – 13 Hz). Silmade avamise korral asenduvad alfalained beetalainetega (14 – 30 Hz). Inimese uinumise ajal langeb aju bioelektriline aktiivsus (võivad esineda teetalained 4 – 7 Hz).

Väga paljud eksperimentaalsed andmed näitavad, et teadvus ei esine väga nõrga neuraalse aktiivsuse korral (näiteks narkoosi või kooma puhul) ja samuti mitte liiga tugeva neuraalse aktiivsuse korral (näiteks epileptilise hoo või elektrišoki korral). Seega teadvus esineb kesknärvisüsteemide keskmisel aktiivsuse nivool (näiteks ärkveloleku desünkroniseeritud EEG). Näiteks kui ajus esinevad suure amplituudiga aeglased lained (umbes 0,1-1 Hz), siis inimene on teadvusetuses seisundis. Nii on see näiteks üldnarkoosi ja teadvuseta sügava une ajal. Inimeste ajus esinev väga tugev või väga nõrk gamma-sageduslik faasisünkroonsus viib aju samuti teadvuseta seisundile.

Erinevad ajurütmid on erinevate funktsioonidega, kuid nende rütmide piirid ei ole tegelikult väga selged. Ajus on rütmilised protsessid, kuid ei teata nende samade protsesside ruumilise ulatuse kohta. Näiteks ei ole teada seda, et kas ajus eksisteerivad sellised lained, mis liiguvad edasi-tagasi üle terve aju või üle mingite aju piirkondade. See tähendab, et kas ajus eksisteerib mingisugune seisulaine sarnast?

Teadvuses olles on ajus olevad neuronid üldises aktivatsioonis, kuid näiteks kliinilise surma ajal on inimese aju neuronid lakanud üldise aktiveerimise. See tähendab, et neuronite aktivatsiooni sellises seisundis suures ulatuses ei ilmne. Selles ülemineku faasis võibki esineda aju mingi üldine võnkeprotsess. See tähendab seda, et aju üldine aktivatsioon ja ka üldine mitteaktiveerivus ajas üksteisele järgneb. Ka seda võib nimetada omamoodi ajulaineks – õigemini üldiseks ajulaineks. See ju sarnaneb üksikneuroni aktivatsiooniga, mis samuti ajas perioodiliselt muutub.

2.2.19.6Sünkronisatsioon ajus

Impulsside levimist ja liikumist erinevate ajupiirkondade vahel reguleerib sünkronisatsioon, mis algselt arvati olevat ajus oleva informatsiooni sõlmimismehhanism. Näiteks oletame seda, et meil on kaks neuronigruppi x ja y ning need saadavad mingisuguse sisendi impulsi neuronigrupile z. Seega x ja y võistlevad omavahel, et mis grupp domineerib z gruppi. Kui aga neuronigrupid x ja y ei ole omavahel sünkroonsed, siis grupp z sünkroniseerub grupi x või grupi y-ga, kuid mitte mõlemaga samaaegselt. Neuronigrupid x ja y saab saata signaali z grupile ainult siis, kui üks neist sünkroniseerub grupi z-ga. Teine grupp paraku (grupp, mis ei sünkroniseeru z grupiga) ei saa signaali z-le välja saata. Sünkronisatsioon võimaldab erinevaid ajusüsteeme omavahel funktsionaalselt kokku liita.

Sünkronisatsiooni mehhanism ajus lihtsalt reguleerib impulsside liikumist ühelt neuronilt teisele. Sünkronisatsioon ajus on lihtsalt impulsside liikumiste regulaator. Selleks aga toome ühe hea näite. Näiteks uuringud on näidanud, et inimese aju otsmikusagara keskused koordineerivad (visuaalse) tähelepanu korral sünkronisatsiooni abil visuaalse korteksi aktiivsust. Otsmikusagara ja visuaalse

korteksi piirkondade vahel tekib funktsionaalne omavaheline seos just läbi sünkroonsuse. Otsmikusagara ja visuaalse korteksi neuronid on omavahel seega sünkroonis. Tänu sellele võetakse paremini vastu sisendit. Kuid töödeldud informatsioon võib siirduda ka visuaalsest ajupiirkonnast otsmikusagarasse. Seda võimaldab just sünkronisatsioon, mis esineb erinevate ajupiirkondade vahel. Sünkronisatsioon võimaldab informatsiooni ajus kiiresti ja tõhusalt edastada. Neuronipopulatsioonide aktiveerimisest on efektiivsem just sisend, mis on sünkroniseeritud. Aju kasutab sünkronisatsiooni, sest siis ei pea palju energiat kulutama rohkete neuronite aktsioonipotentsiaalide (ehk impulsside) välja saatmiseks. Sünkronisatsiooni korral on neid aga palju vähem. Kaks neuronit on omavahel funktsionaalselt seotud ainult siis, kui üks neuron saadab oma impulsi teisele neuronile. Seda võimaldab kahe neuroni sünkroonne aktivatsioon. Kõik see esineb ka erinevate ajupiirkondade vahel, mitte ainult üksikneuronite või neuronipopulatsioonide tasemel.

Sellist olukorda, mil absoluutselt kõik neuronid ajus laengleksid omavahel sünkroonselt, ei ole olemas ega ka ilmselt päris võimalik. Sünkronisatsiooni esineb ajuaktiivsusega alati – iseküsimus on ainult see, et millisel määral. Näiteks normaalse ajuaktiivsuse korral esineb sünkronisatsiooni rohkem, kuid aju suremise faasis väheneb erinevate ajupiirkondade sünkroonsus peaaegu miinimumi. See tähendab seda, et aju suremise faasis ei laengle neuronid üksteise suhtes enam sünkroonselt, vaid selle korrapära on asendunud kaootilisus ehk mittesünkroonne laenglemine. Aju suremise faasis lakkab sünkronisatsioon peaaegu täielikult ja seetõttu laenglevad neuronid üksteise suhtes enam-vähem kaootiliselt. Kuid aju normaalse aktiivsuse korral esinevad palju rohkem sünkronisatsioone laenglevate neuronite või aktiivsete ajupiirkondade vahel.

> Näiteks suure amplituudiga aeglased lained (umbes 0,1-1 Hz) on üldnarkoosi ajal korteksis korrapärasemad ja palju sünkroonsemad, kui teadvuseta sügava une ajal. Aeglased lained ei esine korteksis kõikjal siiski samaaegselt – s.t. osad korteksi piirkonnad on aktiivsed kui samal ajal teised piirkonnad seda ei ole. Nii on see üldnarkoosi ja teadvuseta sügava une ajal.
>
> > Uuringud on näidanud ka seda, et ärkveloleku aju seisundis võib ilmneda selliseid neuroneid, mis parajasti magavad. Kuid see on nii ainult väga lokaliseeritud. See tähendab seda, et sügava une ajal (unenägudeta une ehk NREM-une ajal) on mõned ajupiirkonnad ärkvel seisundis (need aga ei teadvustu, sest ülejäänud ajupiirkonnad magavad) ja samas ärkveloleku seisundi ajal on mõned ajupiirkonnad une olekus.

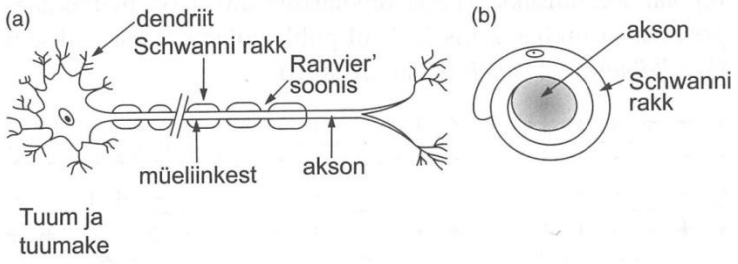
Kui neuronid laenglevad antisünkroonselt (ehk mittesünkroonselt), siis see tähendab seda, et näiteks üks neuron on laetud ja teine neuron on sel ajal puhkeolekus. Sellisel juhul tekitab elektrilaenguga neuron ümbritsevas ruumis elektrivälja, mis mõjutab seda teist neuronit, mis on parajasti tema läheduses ja puhkeolekus. See tähendab seda, et kui neuronid laenglevad üksteise suhtes mittesünkroonselt, siis puhkepotentsiaaliolekus olevad neuronid peavad olema lähedal asuvate tegevuspotentsiaaliolekus olevate neuronite elektriväljas.

Sünkronisatsioon on küll mingil määral vajalik teadvuse tekkimiseks ajus, kuid eelkõige on sünkronisatsioon oluline ajus oleva info töötlemiseks ehk närviimpulsside liikumiste efektiivseks reguleerimiseks.

2.2.19.7 Aktsioonipotentsiaal

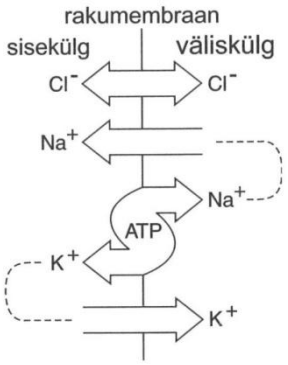
Närvirakud ehk neuronid on kogu närvisüsteemi põhilisteks ehituskivideks. Närviraku keha on

tugevasti hargnenud. Raku kehas asetseb tuum. Närviraku jätkeid nimetatakse dendriitideks. Need on infotoojad. Info väljaviija on akson, mida on neuronis ainult üks. Mõnedel imetajatel võib aksoni pikkus ulatuda meetritesse. Aksoni lõpus esineb hargnemine. Aksonit ümbritsevad paiguti Schwanni rakud. Schwanni rakud moodustavad aksoni müeliintupe, mis on valget värvi. Närvikude, mis sisaldab müeliintupega aksonite kimpe, nimetatakse valgeaineks. Närviraku siseosa on halli värvi ja seetõttu nimetatakse seda hallaineks. Müeliinkestade vahel on Ranvier' soonised. Kimpudesse koonduvad aksonid moodustavad närvi. Joonis:



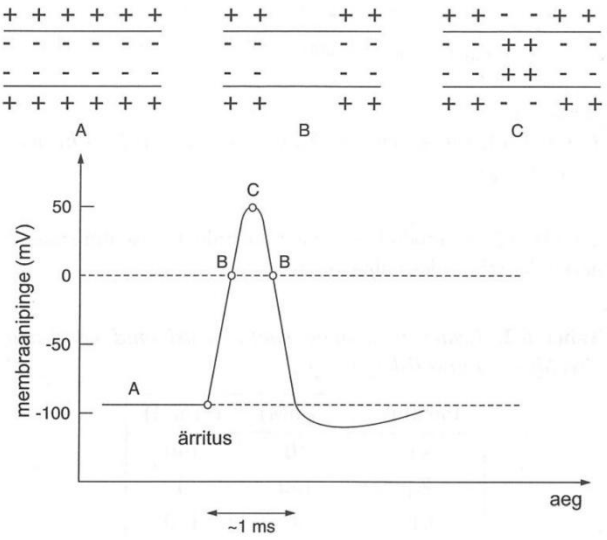
Aksonimembraani sisepind on elektriliselt negatiivselt laetud võrreldes välispinnaga. Pinge membraani puhkepotentsiaali korral on umbes –90 mV. Ioonipumbad on rakumembraani keemilised mehhanismid, mis säilitavad rakusiseses ja rakuvälises ruumis ioonide kontsentratsioonide diferentsi. Ioonipump, mis toob Na-ioone rakust välja ja viib K-ioone raku sisse, nimetatakse Na^+-K^+-pumbaks. Pump peab saama energiat, et see töötaks. Seda energiat saadakse ATP-st, mis tekib raku ainevahetuses.

Järgnevalt kirjeldame lühidalt ioonide passiivse ja aktiivse transpordi skeemi, mis toimub läbi plasmamembraani. Joonis:



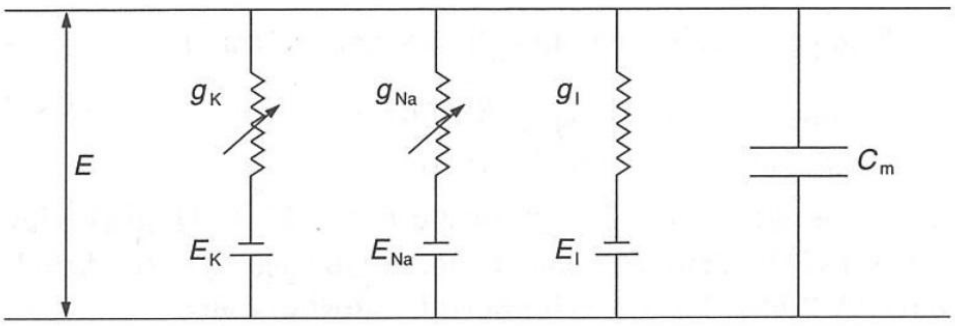
Passiivne transport tekib ioonide kontsentratsioonide diferentsi, rakuseina läbitavuse, difusiooni ja osmoosi tõttu. Läbitavuse muutumise korral välise ärritaja tõttu võib muutuda selles piirkonnas laengute jaotus. Sellisel juhul voolavad Na-ioonid raku sisse, kuid K-ioonid voolavad samal ajal välja. See põhjustab positiivse membraanipinge tekkimise ehk rakumembraani sisepind omandab positiivse laengu välispinna suhtes. Seda nimetatakse rakumembraani depolariseerumiseks.

Pärast seda toimub vastupidine protsess, mille korral pumbatakse Na-ioonid rakust välja ja K-ioonid raku sisse. Selline protsess kestab seni kuni saavutatakse algne ioonide kontsentratsioonide jaotus ehk kuni närviraku puhkeoleku saavutamiseni. Sellist protsessi nimetatakse rakumembraani repolariseerumiseks. Rakumembraani potentsiaal on pärast repolariseerumist umbes 2 millisekundi jooksul puhkepotentsiaalist väiksem. Seda nimetatakse järelhüperpolarisatsiooniks. Joonis:



Aktsioonipotentsiaali ehk närviimpulsi ehk erutusimpulsi moodustavad depolariseerumis- ja repolariseerumisfaas üheskoos. Pinge tekkimine mingis aksonipiirkonnas põhjustab naabruses oleva aksonipiirkonna depolariseerumise. Tänu sellele levib närviimpulss mööda aksonit edasi. Aktsioonipotentsiaalil on alati maksimaalne amplituud ja seda kõik-või-mitte-midagi-seaduse tõttu. Aktsioonipotentsiaal võib liikuda müeliinkestaga aksonis ühest Ranvier' soonisest teise üle 100 meetri sekundis. Jämedates aksonites (läbimõõduga ligikaudu 20 mikromeetrit) esinevad suurimad kiirused. Kuid aksonis, millel puudub müeliinkest, on kiirus kõigest 0,1 – 0,2 m/s. Nii on see näiteks haistmisnärvi aksonites (läbimõõduga ligikaudu 0,2 mikromeetrit). Närviimpulsi amplituud on 120 – 140 mV ja impulsi kestus on umbes 1 millisekund.

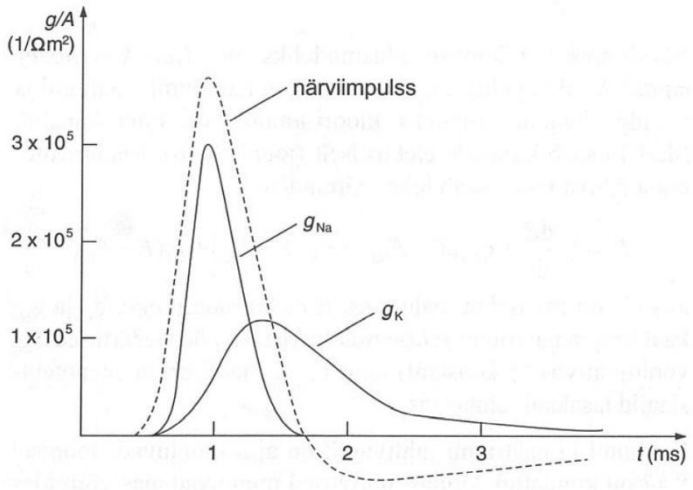
Hodgkin-Huxley mudel on närviimpulsi liikumise alusmudeliks. Selline mudel eeldab naatriumi, kaaliumi ja muude ioonide (näiteks kloori-ioonide) oma enda kanalite olemasolu. Mudelit kujutatakse elektriliselt. Joonis:



Voolu I, mis läbib rakumembraani, on võimalik välja arvutada järgmisest võrrandist:

$$I = C_m \frac{dE}{dt} + g_{Na}(E - E_{Na}) + g_k(E - E_k) + g_l(E - E_l)$$

Selles on C_m rakuseina mahtuvus, E on membraanipinge, g_k ja g_{Na} on kaaliumi ja naatriumi juhtivused ehk takistuse pöördväärtused, g_l on voolujuhtivus (mis võrdub konstandiga) ja E_{Na}, E_k ning E_l on puhkepotentsiaalid tasakaaluolukorras. Kaaliumi ja naatriumi juhtivused muutuvad ajas. Ajas muutuvat juhtivust ja närviimpulssi saab koos kujutada joonisel. Joonis:



Juhtivused sõltuvad ajast ja seda leitakse Hodgkin-Huxley mudelis järgmistest avaldistest:

$$g_K = \bar{g}_K n^4$$

$$g_{Na} = \bar{g}_{Na} m^3 h$$

Nendes on $\bar{g}_K$ ja $\bar{g}_{Na}$ juhtivuse maksimaalväärtused ning n, m ja h nulli ja ühe väärtuse vahel olevad funktsioonid, mis sõltuvad ajast ja on dimensioonita. Need saadakse diferentsiaalvõrrandisüsteemi lahendina:

$$\frac{dn}{dt} = \alpha_n(E)(1-n) + \beta_n(E)n$$

$$\frac{dm}{dt} = \alpha_m(E)(1-m) + \beta_m(E)m$$

$$\frac{dh}{dt} = \alpha_h(E)(1-h) + \beta_h(E)h$$

Membraanipotentsiaalist sõltuvaid funktsioone $\alpha_i(E)$ ja $\beta_i(E)$ (milles i = m, n, h) saadakse mõõtmiste teel.

Närviimpulsi levimist kirjeldab võrrand:

$$I = \frac{R}{2\rho}\frac{\partial^2 E}{\partial x^2}$$

milles R on aksoni raadius ja ρ on selle takistus. Närviimpulsi levimist aksonis kirjeldavaid Hodgkin-Huxley mudeli võrrandeid on võimalik lahendada numbriliselt.

Välistele ärritajatele reageerivad sensorrakud, kuid see sõltub raku funktsioonist. Rakud reageerivad järgmistele ärritajatele:

1) Mehaanilisele ärritajale (sisekõrva kuulmissensorid, tasakaalumeele sensorid, naha puutesensorid jne).

2) Termilisele ärritajale (naha külma- ja soojasensorid).

3) Keemilisele ärritajale (maitse- ja lõhnasensorid, aordi- ja unearterikehakeste kemosensorid reageerivad vere hapniku ja süsihappegaasi osarõhu ja H^+ kontsentratsiooni muutustele).

4) Valgusele (silma võrkkesta fotosensorid on kepikesed ja kolvikesed).

2.2.19.7.1 Retseptori- ehk sensoripotentsiaal

Retseptor- ehk sensorrakud on sellised rakud, mis reageerivad välisärritusele ja muudavad nende energia elektriimpulssideks. Näiteks sensorraku membraani läbitavus muutub adekvaatse ärritaja mõju tõttu. Retseptori- ehk sensoripotentsiaali ehk generaatorpotentsiaali korral muutub puhkepotentsiaal sensorrakus. Närviimpulss ehk aktsioonipotentsiaal tekib alati kõik-või-mitte-midagi-seaduse järgi. Kuid sensoripotentsiaali korral tekitab tugevam ärritaja suurema sensoripotentsiaali võrreldes nõrgema ärritajaga.

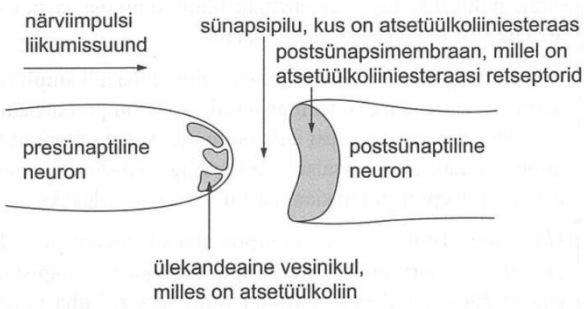
Kuna aktsioonipotentsiaal on alati maksimaalse amplituudiga, siis seega kodeeritakse närvis liikuvat informatsiooni aktsioonipotentsiaalide sageduse ja mustriga. Kuid sensoripotentsiaali korral kodeerib ärritaja tugevust sensoripotentsiaali amplituud. Retseptoripotentsiaal muundatakse aksonites närviimpulsi sageduseks.

Üheks valuretseptoriteks on nö. toonilised retseptorid, mis adapteeruvad väga aeglaselt ärritaja mõjumisel. Toonilised retseptorid on näiteks lihaste, kõõluste ja liigeste proprioretseptorid ehk propriosensorid. Lihased, kõõlused ja liigesed aitavad hoida inimese kehaasendit Maa raskusväljas.

Faasiretseptorid on need, mis adapteeruvad ärritajale kiiresti. Näiteks Pacini kehakesed adapteeruvad niivõrd kiiresti, et need sobivad vibratsiooni aistmiseks.

2.2.19.7.2 Sünaptilised ühendused

Närvirakud suhtlevad omavahel sünapsite kaudu. Kui närviimpulss jõuab aksoni lõpmesse, siis vabanevad seal atsetüülkoliinimolekulid. Need difundeeruvad kiiresti läbi 20 – 30 nanomeetri laiuse sünapsipilu. Pärast seda reageerib nendega postsünaptiline rakk, mille korral muutub rakumembraani Na^+-ioonide läbilaskvus. Postsünaptilises närvirakus põhjustab see närviimpulsi tekkimise. Sünaptiline pilu sarnaneb suundelektroodina, kuid atsetüülkoliinimolekule on ainult presünaptilises neuronis. Närviimpulss liigub ainult presünaptilisest rakust postsünaptilise raku suunas. Joonis:



Postsünaptilise närviraku membraanilt kõrvaldatakse atsetüülkoliin järgmise närviimpulsi läbimiseks sünapsist. Atsetüülkoliini lammutab ensüüm atsetüülkoliiniesteraas. Ühe närviimpulsi levikul eraldub umbes 10^{-20} mooli atsetüülkoliini ehk umbes tuhat molekuli.

Atsetüülkoliiniesteraasi mõjutavad sellised alkaloidid nagu näiteks morfiin, kokaiin, strühniin ja

nikotiin. Atsetüülkoliiniesteraasi mõju üks suurimaid pärssijaid on näiteks eseriin. Mõned närvigaasid, mis on üsna tugevatoimelised, ja mõnede madude mürgid muudavad atsetüülkoliiniesteraasi mõju üsna olematuks. See põhjustab info leviku peatamist närvisüsteemis ehk põhimõtteliselt surma.

2.2.19.7.3 Lihasrakkude elektrilisest aktiivsusest

Sarnaselt närvirakkudele on ka lihasrakud nn erutuvad rakud. Näiteks närvirakkude ja lihasrakkude membraanidel on ühesugused puhkepotentsiaalid pingega ligikaudu 90 mV. Erutuse, mis saabub aksonit pidi, võtab lihas vastu motoorsel lõpp-plaadil. Alguses levib närviimpulss Na-kanalite avanemise tõttu, mis on põhjustatud atsetüülkoliinist. Lihasraku membraan ulatub lihasraku sisse ja seda T-torukeste süsteemina. Sarkoplasmaatilisest retiikulumist vabanevad Ca-ioonid leviva närviimpulsi tõttu. Ca-ioonid aktiveerivad selliseid filamente nagu näiteks aktiini- ja müosiinifilamente, mis asuvad sarkomeerides. Aktiinifilamentidega seonduvad müosiinifilamentide aktiveeritud pead, mille tagajärjel moodustuvad ristisillad. Pärast seda toimub filamentide nihkumine üksteise suhtes ja muutub lihase pikkus. Sellele järgneb kaltsiumi tagasi pumpamine lõpptsisternidesse. Avanevad filamentidevahelised ristisillad ja lihas lõõgastub. Taastub lihase rahuoleku pikkus, mis eelnes kokkutõmbumisele.

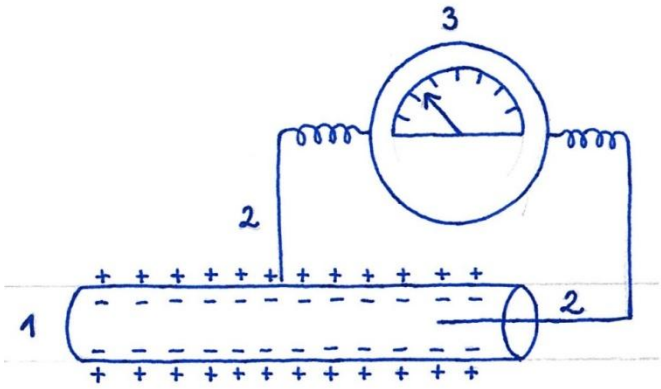
Lihase vastus närviimpulsile avaldub kokkutõmbumisena ehk kontraktsioonina. Kui koormuseta lihas lüheneb ilma pinget arendamata, siis on tegemist isotoonilise kontraktsiooniga. Kuid lihase pinge suurenemise korral ilma lühenemata on tegemist juba isomeetrilise kontraktsiooniga. Sellisel juhul tõstab lihas koormust, mida see tõsta ei jõua. Kui tegemist on kiirete lihastega, siis kontraktsioonifaasi kestus võib olla umbes 100 ms. Lihas ei jõua teda ärritavate suurte sagedustega impulsside (üle 20 Hz) vahelisel ajal lõõgastuda. Sellist olekut nimetatakse tetaaniliseks kontraktsiooniks ehk teetanuseks, mille korral on lihas kogu aeg kokkutõmbunud. Lihaskiudude aktiveerimiseks on vaja energiat.

2.2.19.7.4 Allikas:

„Santorius, Elusa looduse füüsika“, Peter Holmberg, Juha Perkkiö, Erkki Hiltunen, Kirjastus Ilo ja tõlkija, 2007, Tallinn.

2.2.19.8 Elektriimpulsid ja tekkivad elektromagnetlained

Närvikoe üheks põhilisemaks omaduseks on elektriline erutumine. Närvirakke ehk neuroneid ümbritseb rakumembraan. See on polariseeritud, mis tähendab seda, et membraani sise- ja välispinna vahelises ruumis esineb elektriline potentsiaalide vahe ehk elektriline pinge. Potentsiaalide vahe on umbes 70 mV, kui neuron on rahuolekus. „Rahuolekus“ tähendab seda, et neuron parajasti ei laengle.



Joonis 7 Närvikiud, 1 – akson, 2 – elektroodid, 3 – voltmeeter.

Neuroni rakumembraan on polariseeritud, mis tähendab seda, et rakumembraani sisepinnal on välispinnaga võrreldes negatiivsete laengute ülekaal ja seega pindade vahelises ruumis esineb elektriliste potentsiaalide vahe ehk elektriline pinge.

> Näiteks kui kera saab polariseeritud elektrilaengu, siis keral on kaks kihti, mis on laetud vastasmärgiliselt. Näiteks negatiivselt laetud pealmine kiht „katab“ positiivselt laetud alumist kihti. Sellisel juhul tekib kaks välja, mille korral alumise kihi väljapotentsiaalid vähenevad kera tsentrist eemaldumisel, kuid pealmise kihi väljapotentsiaalid vähenevad kera tsentri suunas.
>
> Polariseeritud keha laeng on tervikuna neutraalne nagu näiteks aatom, mille keskel asub positiivse laenguga tuum ja selle ümber „tiirlevad“ negatiivse laenguga elektronid.

Vaatame elektrilaengute polarisatsiooni palju lähemalt ehk erimärgiliste laengute vahelist ruumi. Homogeense välja (näiteks plaatkondensaatori) korral on selle energiatihedus ruumis kõikjal ühesugune. See on võrdne välja energia ja välja poolt hõivatud ruumala suhtega. Elektrivälja ekvipotentsiaalpinnad asetsevad välja jõujoontega risti ja mitteühtlaselt. Välja jõujoon on väljajoon, mida matemaatiliselt väljendatakse ruumi koordinaadi diferentsiaalina, sest igale ruumipunktile väljas vastab mingi suurus. Välja ekvipotentsiaalpind ehk sama välja pinnad skalaarväljas on selliste punktide geomeetriline pind, mille korral

$$f(x, y, z) = const$$

Sellise välja gradient on (mis näitab välja muutumist ruumis, mitte ajas) igas punktis risti seda punkti läbiva pinnaga ja divergents näitab vektorvälja allikat – antud elektrivälja korral laengute (allikate) tihedust. Potentsiaalse ehk antud välja korral on rootor (mis näitab vektorvälja keeriselisust) ja seega vektorvälja tsirkulatsioon kõikides välja punktides null. Kahe erinimeliselt laetud tasandite vahelise resultantvälja tugevus E avaldub

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0},$$

väljaspool tasanditega piiratud ruumi võrdub see aga nulliga. Tasandite vahel on väli homogeenne. Kuid tasandite servade läheduses pole väli enam homogeenne ja ka väljatugevused erinevad suurusest

$$\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

Erimärgiliste laengute vahelise ruumi keskel võrdub välja potentsiaal nulliga, kuid see potentsiaal erineb nullist (nullist suurem) seda rohkem, mida lähemal on potentsiaal „+“ ja „-„ laengule.

> Magnetväli eksisteerib liikuvate laengute (näiteks vooluga juhtmete) ümber, kuid samas ka laengukandjate puudumise korral (näiteks erimärgiliselt laetud pindade vahelises ruumis). Ühe laaduva pinna tugevnev elektriväli paneb laengud teisel pinnal liikuma. Seda nimetatakse nihkevooluks. Positiivse ja negatiivse pinna vahelise ruumi läbiva nihkevoolu korral kaasneb elektrivälja muutumisega magnetväli. Kuid vahelduvvoolu läbiminek erinimeliselt laetud pindade vahelisest ruumist saab toimuda ainult muutuva elektrivälja vahendusel. Elektrivälja muutumise tagajärjel tekib magnetväli sõltumatult muutuva elektrivälja päritolust. See tähendab, et muutuva elektrivälja levik toimub magnetvälja vahendusel. Niimoodi esinebki positiivse ja negatiivse pinna vahel magnetväli, mille jõujooned parempoolsete pööristena ümbritsevad elektrivälja muutumise suunda. Elektrivälja jõujooned ja seega selle tugevuse muut ΔE on suunatud ühelt pinnalt teisele. Tugevneva ja nõrgeneva elektrivälja tugevuse muudud on erineva suunaga ja vastavalt on ka tekkiva magnetvälja suund neil kahel juhul erinev. Kuid magnetvälja muutumisel tekib omakorda pööriselektriväli sõltumatult muutuse päritolust. Magnetvälja muutumisega kaasneb pööris-elektriväli, mille jõujooned on kinnised jooned ehk pöörised. Selline elektriväli ei ole enam potentsiaalne. Elektrivälja tekkimist magnetvälja muutumisel nimetatakse elektromagnetilise induktsiooni nähtuseks.

Kui metallplaat asetada homogeensesse elektrivälja, siis elektrivälja jõujooned läbivad metallplaadi pindala ehk metallplaat lõikab elektrivälja jõujooni. Metallplaadil on olemas mingi paksus ja see asetseb risti elektriväljaga. Väljavoog on võrdeline mingit kontuuriga piiratud pinda läbivate elektrivälja jõujoonte arvuga. Mida suurem on kontuuri pindala ja mida tugevam on elektriväli kontuuris, seda suurem on väljavoog. Piltlikult öeldes näitab väljavoog pinda läbivate jõujoonte arvu, mis on määratud jõujoonte tihedusega, mida iseloomustab väljatugevus $\vec{E}$. See tähendab seda, et väljavoog on võrdeline väljatugevusega E, mis läbib mingit vaadeldavat pinda. Väljavoog on skalaarne ehk suunata suurus. Voog on skalaarne suurus. Väljavoogu kirjeldab matemaatiliselt järgmine valem:

$$\phi_F = \iint_S \vec{F} d\vec{S} = \iint_S F_n \, dS,$$

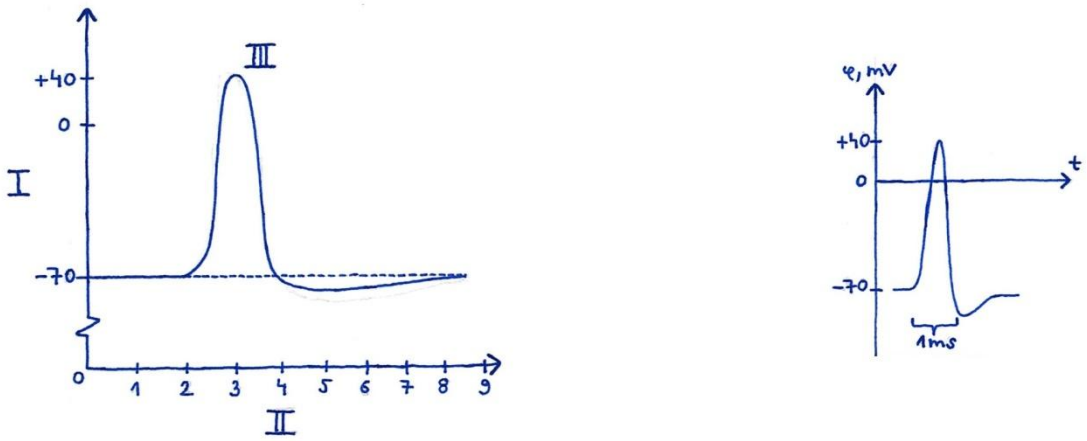
milles S on kontuuri pindala ja $\vec{F}$ on elektrivälja E-vektori projektsioon pinnanormaalile. F_n on F-i normaalprojektsioon $\vec{n}$ suunale.

„Puhkepotentsiaali“ ehk mittelaenglemiste ajal/olekus olevaid neuroneid võib käsitleda kui „surnutena“, sest siis pole neil ümbritsevale keskonnale mitte mingisugust füüsikalist mõju. Ilma laenglemiseta ei ole energiavälju, mis mõjutaksid ümbritsevat keskkonda.

> Muutumatute väljade korral on tegemist elektri- või magnetväljadega, kuid muutuvad väljad on juba elektromagnetväljad. Kui inimene langeb koomasse või kliinilisse surma ehk aju üldisesse „puhkepotentsiaali olekusse“, siis tema ajuaktiivsus ei lakka ühe hetkega, vaid see võtab teatud ajaperioodi. Ajuaktiivsuse lakkamise korral on tegemist muutuvate väljadega. Näiteks neuronite laenglemiste tulemusena tekkiva ühtse elektrivälja energia väheneb, mida vähem tekivad ja levivad ajus elektriimpulsid. Seda esineb aju üldisesse „puhkepotentsiaali seisundisse“ langemise ajaperioodi korral. Elektrivälja energia vähenemise korral muutub elektriväli nõrgemaks ehk tegemist on meil siis muutuva väljaga.

Ühe neuroni piires on erutuse levik elektriline nähtus. Mööda neuroni aksonit levib tegevuspotentsiaal, mis väljendub rakumembraani lühiajalise depolarisatsioonina. Selle tekkimist ja

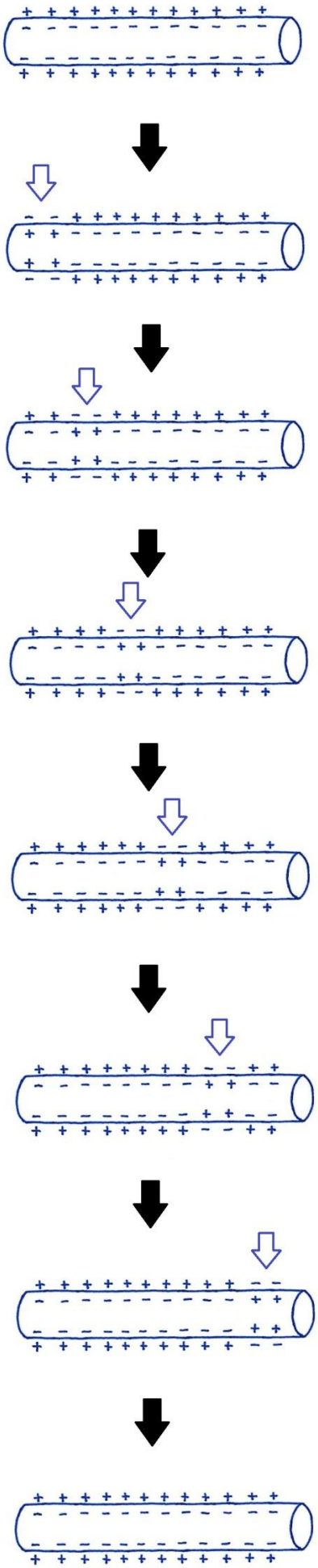
kadumist põhjustab laengute ehk ioonide liikumine läbi rakumembraanis olevate ioonkanalite.



Joonis 8 Tegevuspotentsiaal, I – potentsiaal närviraku membraanil (millivoltides), II – aeg (millisekundites), III – tegevuspotentsiaal.

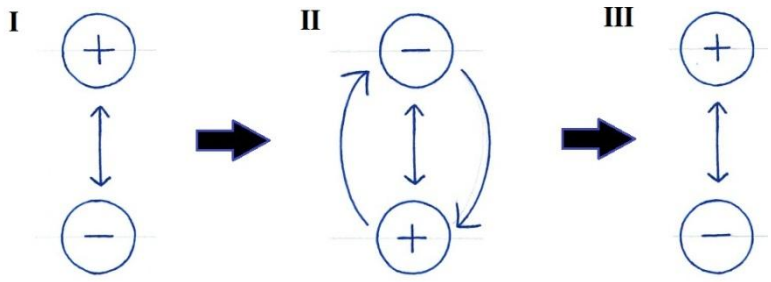
Närvierutus on elektriliste potentsiaalide vahe muutus. Neid kannavad rakukeha suunas dendriidid ehk jätked. Enamasti on jätked väga „hargnenud“, mistõttu võimaldab see koguda närviteavet palju laiemalt. Hargnenud jätkeid võib ettekujutada „dendriidipuuna“, kuna see sarnaneb visuaalselt mullas kasvava puu okste harudega. Dendriidipuu harudel leidub palju „dendriidiogasid“, mis võimaldab veelgi suurendada vastuvõtlikku pinda. Kõikidel neuronitel on ainult üks akson. See on jätke, mis kannab närvierutust teiste neuroniteni. Neuronite aksonid võivad hargneda. Akson ulatub teiste neuroniteni oma närvilõpmetega. Osa neuronitest on „interneuronid“, kuna nende aksonid ei välju tuumast, vaid selle asemel on suunatud teistele neuronitele. Teised neuronid aga saadavad oma aksonid otse teistesse neuronite kogumitesse.

Elektriimpulsi korral ei liigu mööda närvikiudu närvilõpmesse otseselt elektrilaengud, vaid mööda elektriliselt polariseerunud närvikiudu levib elektrilaengute depolarisatsioon ja repolarisatsioon. See tähendab lühidalt järgmist. Depolarisatsiooni korral muutub elektrilaengute polarisatsioon vastupidiseks ehk „+“ ja „-“ laengud vahetavad ära oma asukohad ruumis mingi imeväikese ajaperioodi jooksul. Repolarisatsiooni korral muutub depolarisatsiooni olek uuesti tagasi esialgsesse olekusse ehk „-“ ja „+“ laengud vahetavad oma asukohad ära tagasi esialgsesse olekusse. Kui mingi närvikiu piirkond depolariseerub, siis põhjustab see omakorda naabri piirkonna depolariseerumist. Kui naabri piirkond on depolariseerunud, siis seda põhjustanud eelnev piirkond repolariseerub tagasi oma esialgsesse olekusse. Depolariseerunud piirkond repolariseerub tagasi esialgsesse olekusse siis kui sellest järgnev piirkond on depolariseerunud. Selline „tsükkel“ jätkub kuni närvikiu närvilõpmeni. Närvilõpmetes „tekivad“ ja „lakkavad“ elektriimpulsid ehk närvierutused ehk tegevuspotentsiaalid ehk aktsioonipotentsiaalid. Joonis:



Siinkohal toome välja ühe illustratiivse näite, mis kirjeldaks antud nähtust. Näiteks suurtel kontserditel näeme sellist efekti, mille korral tekitab massiivne rahva mass oma kätega suuri laineid, mis levivad mööda inimestest koosnevat pikka rivi või üle kogu rahvast täis väljaku. Sellisel korral ei liigu inimesed ise otseselt mööda suurt väljakut ühest otsast teise, vaid ühes piirkonnas tõstavad inimesed oma käed üles ja kui nad mingi väikese ajaperioodi jooksul oma käed langetavad, siis tõstavad oma käed üles naabri piirkonna inimesed. Niimoodi tekib suur nähtav lainetus, mis levib mööda rahvast täis väljakut. Sellisel korral ei liigu inimesed ise otseselt mööda väljakut ühest otsast teise, vaid inimeste käte tõstmine ja langetamine tekitab laine levimise efekti mööda suurt väljakut. Täpselt sama efekt esineb ka närvierutuse levimise korralgi inimese närvisüsteemis, mille korral ei liigu elektrilaengud ise otseselt mööda närvikiudu närvilõpmesse, vaid närvierutuse olemus seisneb polariseerunud närvikiu elektrilaengute depolarisatsiooni ja repolarisatsiooni levimises mööda närvikiudu närvilõpmesse.

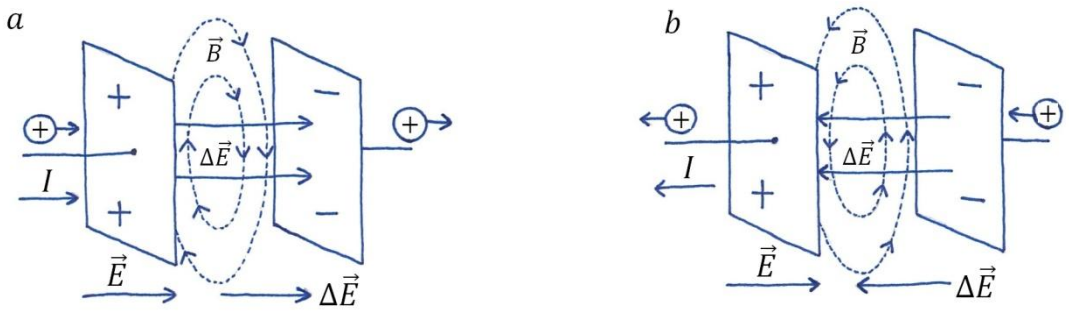
Positiivse ja negatiivse elektrilaengu vahel esineb elektrostaatiline (elektri)väli, kui need üksteise suhtes ei liigu (joonis I). Kui positiivne ja negatiivne elektrilaeng vahetavad ära oma asukohad ruumis mingisuguse väga väikese ajaperioodi jooksul, siis sellisel juhul need laengud liiguvad üksteise suhtes (joonis II). Kui elektrilaengud hakkavad üksteise suhtes liikuma, siis tekib elektrivälja muutumine. Elektrivälja muutumine toimub kaks korda. Esimene kord siis, kui laengud vahetavad ära oma asukohad ja teine kord siis, kui need samad laengud liiguvad mingisuguse väga väikese aja pärast oma endistesse asukohtadesse tagasi. Lõpptulemuseks tekib laengute vahel uuesti elektrostaatiline väli, mis aegruumis ei muutu (joonis III). Joonis:



Kui elektrilaeng hakkab ruumis liikuma, siis muutub laengut ümbritsev elektriväli. Välja muutumine ruumis nõuab teatavat aega. See tähendab seda, et välja muutumise ruumilise ülekande kiirus on võrdne täpselt valguse kiirusega c. Väli ja ka välja muutus levib ruumis kiirusega c ehk kulub teatud aeg, et välja allika muutumisel (antud juhul elektrilaengu liikumine ruumis) muutuks ka väli teatud kaugusel laengust. Näiteks elektrivälja impulsi levikiirus ühtib valguse kiirusega c ehk välja muutused kanduvad üle kogu ümbritsevasse ruumi täpselt valguse kiirusega c.

Muutuva elektrivälja levik toimub magnetvälja vahendusel. Näiteks elektrivälja muutumine ühes punktis põhjustab kõigepealt muutuva magnetvälja ja selle magnetvälja muutus kutsub (elektromagnetilise induktsiooni teel) esile elektrivälja muutumise naaberpunktis. See tähendab seda, et igasugune elektri- või magnetvälja muutus levib ruumis lainena. See tekkiv laine ongi elektromagnetlaine ehk seega elektromagnetväli. Sellest järeldub omakorda see, et elektrilaengu välja muutumisega tekib „lühiajaliselt“ laengut ümbritsev elektromagnetlaine ehk elektromagnetväli, mis eemaldub laengust ehk nagu „paisuks“ laengust eemale ja mida võib tõlgendada kvantmehaanika järgi ka footoni tõenäosuslainena ehk tõenäosusväljana.

Magnetvälja muutumisel tekib pööriselektriväli sõltumatult muutuse päritolust. Näiteks voolutugevuse muutumise korral poolis või püsimagneti nihutamise korral. Elektrivälja muutumisel tekib magnetväli samuti sõltumatult muutuva elektrivälja päritolust. See tähendab ka seda, et muutuva elektrivälja levik toimub magnetvälja vahendusel. Kondensaatori plaatide vahel esineb vahelduvvoolu läbimineku korral magnetväli, mille jõujooned ümbritsevad elektrivälja muutumise suunda. Magnetvälja jõujooned on kinnised jooned ehk pöörised ja elektrivälja muutus levib ruumis täpselt valguse kiirusega c. Joonis:



Kondensaatori plaatide vahel toimub vahelduvvoolu läbiminek muutuva elektrivälja vahendusel ka tühja ruumi korral. Näiteks nihkevooluks nimetatakse sellist nähtust, mille korral hakkavad laengukandjad laaduva plaadi tugevneva elektrivälja tõttu teisel plaadil liikuma. Laengute liikumisega kaasneb magnetväli, kuid seda esineb ka laengukandjate puudumisel kondensaatoriplaatide vahel olevas tühjas ruumis.

> Klassikalise teooria järgi peaksid elektronid aatomis kiirgama elektromagnetlaineid, kuna negatiivselt laetud elektronid tiirlevad ümber positiivselt laetud aatomituuma. Elektriliste jõudude tõttu tõmbuvad omavahel aatomituum ja elektron, kuid seevastu kvantmehaanikas tuntud määramatuse seosed takistavad seda, mistõttu tekib aatomituuma vahetus ümbruses teatud kindla konfiguratsiooniga elektronpilv.

Elektromagnetlainet võib käsitleda valgusena, kuna valgus on samuti elektromagnetlaine ehk elektrivälja ja magnetvälja üksteise muutumise levimine ruumis. See tähendab seda, et elektrivälja muutumine ühes ruumipunktis põhjustab esimesena muutuva magnetvälja, mille muutus kutsub elektromagnetilise interaktsiooni teel esile elektrivälja muutumise naaberpunktis. Selline elektri- või magnetvälja muutus levib ruumis lainena. Elektrivälja muutus jõuab ühest ruumipunktist teise magnetvälja vahendusel. Magnetvälja muutumisega kaasneb omakorda indutseeritud elektriväli. Magnetväli tekib elektrivälja muutumise tagajärjel sõltumatult muutuva elektrivälja päritolust.

Inimese ajus „tekivad“ närvikiu depolarisatsiooni ja repolarisatsiooni tulemusena (elektriimpulsside asukohtades) elektromagnetlained, kuid paraku need ei levi aju ruumist edasi. See tähendab seda, et inimese aju ei „kiirga“ elektromagnetlaineid ümbritsevasse ruumi (s.t. tavaruumi), nagu seda teeb näiteks raadio saatja antenn.

Kuid elektromagnetlaine (näiteks valgus) eksisteerib täpselt kahe dimensiooni (tavaruumi K ja hyperruumi K’) „vahelisel piiril“ ehk elektromagnetlaine eksisteerib täpselt mõlema dimensiooni (tavaruumi K ja hyperruumi K’) „piiri peal.“ Sellest tulenevalt peaks valguse tekkimise ehk kiirgumise korral tekkima valgus mõlemas dimensioonis korraga samaaegselt. See tähendab, et valgus tekib tavaruumis ja hyperruumis korraga samaaegselt ehk osa valgusest tekib tavaruumi ja teine osa hyperruumi. Valgus tekib kiirusega c ehk elektromagnetlaine/footoni tekkimisel hakkab see koheselt liikuma kiirusega c.

> Siinjuures ei ole vahet, et kas hyperruumi „tekivad“ virtuaalsed footonid (ehk virtuaalne elektromagnetväli) või reaalsed footonid (ehk reaalne elektromagnetväli). Selline seaduspärasus kehtib mõlemal juhul.

Kõigest eelnevast võibki järeldada seda, et inimese närvisüsteemist (antud juhul peaajust) „eralduvad“ elektromagnetlained hyperruumi just elektriliste impulsside asukohtadest, kuna elektriimpulsi tekkimise ajal tekivad ka elektromagnetlained, mistõttu peaksid need „tekkima“ ka hyperruumi.

Kuna elektriimpulsid tekivad ja levivad praktiliselt kõikjal inimese närvisüsteemis ehk kogu närvisüsteemi ulatuses (kõikjal kus on neuronid ja nende jätked), siis seega peaksid nendes tekkivad elektromagnetlained tekkima ka hyperruumi samuti kogu närvisüsteemi ulatuses.

Osa tavaruumis tekkivast elektromagnetlainest tekib ka hyperruumi, mille tulemusena kaob hyperruumi tekkival elektromagnetlainel põhjuslik kontakt ümbritseva aegruumiga ehk tavaruumiga ja seega ka välja allikaga. Kui väljal ei ole enam füüsikalist seost teda tekitanud allikaga ehk laenguga, siis väli eraldub laengust elektromagnetlainena. Antud juhul eraldub väli hyperruumi ehk väljapoole aegruumi, sest see tekib hyperruumi, milles esineb aegruumi lõpmatu kõverus ehk aja ja ruumi eksisteerimise lakkamine.

Laeng on välja allikas ehk välja tekitaja. Kui väli ja laeng (ehk välja allikas) ei ole enam omavahel põhjuslikult seotud (näiteks ei ole enam omavahel „kontaktis“), siis väli eraldub laengust ehk teda tekitanud allikast elektromagnetlainena. See tähendab, et väli hakkab iseseisvalt eksisteerima elektromagnetlainena sõltumata enam laengu kui välja allika olemasolust. Elektromagnetlainel endal ei ole laengut.

Tuleb märkida veel ka seda, et väli küll eraldub allikast (s.t. elektrilaengust), kuid see mis eraldub moodustab kõigest imeväikese osa kogu väljast. Sellegipoolest piisab, et tekiks elektromagnetlaine, mis hakkab hyperruumis eksisteerima. Elektrilaengu poolt tekitatud energiaväli on võimeline iseseisvalt eksisteerima sõltumata laengu olemasolust ainult elektromagnetväljana ehk elektromagnetlainena.

2.2.19.9 Elektromagnetlainete tekkimised inimese närvisüsteemis

Elektromagnetlained tekivad neuronite laenglemiste tulemusena ja närviimpulsside levimise tõttu inimese närvisüsteemis, mistõttu peaksid elektromagnetlained tekkima hyperruumi ka siis, kui inimene on elus ja tema aju funktsioneerib täiesti normaalselt. See tähendab, et kehast väljumine peaks esinema ka siis, kui inimene on elus ja terve, mitte ainult siis, kui ta satub surmaeelsesse olekusse või üldse surma seisundisse. Sellest tulenevalt peaks inimene „kiirgama“ elektromagnet-laineid pidevalt ehk kogu aeg (isegi elus olles), kuid mitte meie tajutavas ümbritsevas aegruumis, vaid sellest väljapool ehk hyperruumi dimensioonis ja seetõttu ei ole sellist „neurokiirgust“ võimalik katseliselt tuvastada.

Kuna paljud eelnevad arusaamad põhinevad suurel määral sellel, et neuronite laenglemiste tulemusena ja närviimpulsside levimise tõttu tekivad inimese närvisüsteemis elektromagnetlained, siis seega on vaja pikemalt ja põhjalikumalt ära näidata, et kuidas need elektromagnetlained tekivad inimese närvisüsteemis. Järgnevalt näitamegi seda, et mida mõeldakse, kui väidetakse, et inimese närvisüsteemis tekivad elektromagnetlained.

Inimese peaaju läbib sekundis miljoneid närviimpulsse. Need impulsid tekitavad ümber pea elektrivälja, mille tugevust mõõdetakse elektroentsefalograafiga. Sellega saadud graafikut nimetatakse elektroentsefalogrammiks. Närvirakkudes tekivad elektrilised võnkumised. See tähendab seda, et ajus on neuronite aktiivsused, mis korduvad teatud ajavahemiku tagant. Kui impulss suubub neuronisse või neuron väljastab impulsi, siis neuron laengleb. Ühe neuroni piires on erutuse levik elektriline nähtus. Mööda neuroni aksonit levib tegevuspotentsiaal, mis väljendub rakumembraani lühiajalise depolarisatsioonina. Selle tekkimist ja lakkamist põhjustab laengute ehk ioonide liikumine läbi rakumembraanis olevate ioonkanalite.

Elektriimpulsi korral ei liigu mööda närvikiudu närvilõpmesse otseselt elektrilaengud, vaid mööda elektriliselt polariseerunud närvikiudu levib elektrilaengute depolarisatsioon ja repolarisatsioon. See tähendab lühidalt järgmist. Depolarisatsiooni korral muutub elektrilaengute polarisatsioon vastupidiseks ehk „+“ ja „-“ laengud vahetavad ära oma asukohad ruumis mingi imeväikese ajaperioodi jooksul. Repolarisatsiooni korral muutub depolarisatsiooni olek uuesti tagasi esialgsesse olekusse ehk „-“ ja „+“ laengud vahetavad oma asukohad ära tagasi esialgsesse olekusse. Kui mingi närvikiu piirkond depolariseerub, siis põhjustab see omakorda naabri piirkonna depolariseerumist. Kui naabri piirkond on depolariseerunud, siis seda põhjustanud eelnev piirkond

repolariseerub tagasi oma esialgsesse olekusse. Depolariseerunud piirkond repolariseerub tagasi esialgsesse olekusse siis kui sellest järgnev piirkond on depolariseerunud. Selline „tsükkel“ jätkub kuni närvikiu närvilõpmeni. Närvilõpmetes „tekivad“ ja „lakkavad“ elektriimpulsid ehk närvierutused ehk tegevuspotentsiaalid ehk aktsioonipotentsiaalid.

> Olgu veelkord mainitud, et närvierutuse levimise korral inimese närvisüsteemis ei liigu elektrilaengud ise otseselt mööda närvikiudu närvilõpmesse, vaid närvierutuse olemus seisneb polariseerunud närvikiu elektrilaengute depolarisatsiooni ja repolarisatsiooni levimises mööda närvikiudu närvilõpmesse.

Positiivse ja negatiivse elektrilaengu vahel esineb elektrostaatiline (elektri)väli, kui need üksteise suhtes ei liigu. Kui positiivne ja negatiivne elektrilaeng vahetavad ära oma asukohad ruumis mingisuguse väga väikese ajaperioodi jooksul, siis sellisel juhul need laengud liiguvad üksteise suhtes. Kui elektrilaengud hakkavad üksteise suhtes liikuma, siis tekib elektrivälja muutumine. Elektrivälja muutumine toimub kaks korda. Esimene kord siis, kui laengud vahetavad ära oma asukohad ja teine kord siis, kui need samad laengud liiguvad mingisuguse väga väikese aja pärast oma endistesse asukohtadesse tagasi. Lõpptulemuseks tekib laengute vahel uuesti elektrostaatiline väli, mis aegruumis ei muutu.

Kui elektrilaeng hakkab ruumis liikuma, siis muutub laengut ümbritsev elektriväli. Välja muutumine ruumis nõuab teatavat aega. See tähendab seda, et välja muutumise ruumilise ülekande kiirus on võrdne täpselt valguse kiirusega c. Väli ja ka välja muutus levib ruumis kiirusega c ehk kulub teatud aeg, et välja allika muutumisel (antud juhul elektrilaengu liikumine ruumis) muutuks ka väli teatud kaugusel laengust. Näiteks elektrivälja impulsi levikiirus ühtib valguse kiirusega c ehk välja muutused kanduvad üle kogu ümbritsevasse ruumi täpselt valguse kiirusega c.

Muutuva elektrivälja levik toimub magnetvälja vahendusel. Näiteks elektrivälja muutumine ühes punktis põhjustab kõigepealt muutuva magnetvälja ja selle magnetvälja muutus kutsub (elektromagnetilise induktsiooni teel) esile elektrivälja muutumise naaberpunktis. See tähendab seda, et igasugune elektri- või magnetvälja muutus levib ruumis lainena. See tekkiv laine ongi elektromagnetlaine ehk seega elektromagnetväli. Sellest järeldub omakorda see, et elektrilaengu välja muutumisega tekib „lühiajaliselt“ laengut ümbritsev elektromagnetlaine ehk elektromagnetväli, mis eemaldub laengust ehk nagu „paisuks“ laengust eemale.

Elektromagnetlaine on elektrivälja ja magnetvälja üksteise muutumise levimine ruumis. See tähendab seda, et elektrivälja muutumine ühes ruumipunktis põhjustab esimesena muutuva magnetvälja, mille muutus kutsub elektromagnetilise interaktsiooni teel esile elektrivälja muutumise naaberpunktis. Selline elektri- või magnetvälja muutus levib ruumis lainena. Elektrivälja muutus jõuab ühest ruumipunktist teise magnetvälja vahendusel. Magnetvälja muutumisega kaasneb omakorda indutseeritud elektriväli. Magnetväli tekib elektrivälja muutumise tagajärjel sõltumatult muutuva elektrivälja päritolust.

Niimoodi „tekivadki“ inimese ajus närvikiu depolarisatsiooni ja repolarisatsiooni tulemusena (elektriimpulsside asukohtades) elektromagnetlained, kuid paraku need ei levi aju ruumist edasi. See tähendab seda, et inimese aju ei „kiirga“ elektromagnetlaineid ümbritsevasse ruumi (s.t. tavaruumi), nagu seda teeb näiteks raadio saatja antenn või elektripirn.

Kuid elektromagnetlaine eksisteerib täpselt kahe dimensiooni (tavaruumi K ja hyperruumi K’) „vahelisel piiril“ ehk elektromagnetlaine eksisteerib täpselt mõlema dimensiooni (tavaruumi K ja hyperruumi K’) „piiri peal.“ Sellest tulenevalt peaks elektromagnetlaine tekkimise ehk kiirgumise korral tekkima see mõlemas dimensioonis korraga samaaegselt. See tähendab, et laine tekib tavaruumis ja hyperruumis korraga samaaegselt ehk osa lainest tekib tavaruumi ja teine osa hyperruumi. Laine tekib kiirusega c ehk elektromagnetlaine/footoni tekkimisel hakkab see koheselt liikuma kiirusega c.

> Looduses tekkivaid elektromagnetlaineid liigitatakse lihtsuse mõttes kahte suurde rühma. Esiteks, elektrilaengu liikumise või elektrilaengu suuruse muutuse tõttu tekib välja muutumine, mille korral levib välja muutus ajas ja ruumis elektromagnetlainena. Välja

muutusest tingitud elektromagnetlained on vahetult seotud elektrilaengutega, mis on nende tekitajateks. Teiseks, elektromagnetlained võivad levida ka vaakumis, mis ei ole enam vahetult seotud neid tekitavate elektrilaengutega. Tühjas ruumis liikuvateks elektromagnetlaineteks on näiteks tähtede valgused maailmaruumis.

Inimese ajus tekivad elektromagnetlained just elektrilaengute poolt põhjustatud väljade muutuste tõttu, kuid sellised elektromagnetlained, mis oleksid võimelised levima edasi ka vaakumis, inimese ajus paraku ei teki. Vaakumis levivaid elektromagnetlaineid on võimalik tekitada ainult kunstlikult.

Inimese ajus tekkivad elektromagnetlained on seotud elektrilaengutega, täpsemalt muutuvate väljadega, mida põhjustavad elektrilaengute liikumised või nende suuruste muutused. Sellest võib järeldada, et muutuvatest väljadest põhjustatud elektromagnetlainete tekkimised inimese ajus on „seotud“ omakorda selliste tekkivate elektromagnetlainetega, mis tekivad ka hyperruumi ehk väljapoole aegruumi.

Üldine elektrotehnika näitab meile üsna veenvalt, et eespool kirjeldatud ühest rühmast elektromagnetlainetest võime saada teise rühma elektromagnetlaineid. See näitab seda, et kõik elektromagnetlained Universumis on oma füüsikaliselt olemuselt tegelikult täpselt samasugused. Näiteks vaakumis leviv elektromagnetlaine on tegelikult täpselt samasugune laine, mis muutuvatest väljadest põhjustatud elektromagnetlaine. Selle arusaamine on oluline seetõttu, et kui vaakumis leviva elektromagnetlaine tekkimise korral peab ajas rändamise füüsikateooria järgi tekkima elektromagnetlaine ka hyperruumi, siis selline seaduspärasus peab esinema ka muutuvatest väljadest tingitud laine tekkimise korral.

Kõigest eelnevast võibki järeldada seda, et inimese närvisüsteemist (antud juhul peaajust) „eralduvad“ elektromagnetlained hyperruumi just elektriliste impulsside asukohtadest, kuna elektriimpulsi tekkimise ajal tekivad ka elektromagnetlained, mistõttu peaksid need „tekkima“ ka hyperruumi.

Kuna elektriimpulsid tekivad ja levivad praktiliselt kõikjal inimese närvisüsteemis ehk kogu närvisüsteemi ulatuses (kõikjal kus on neuronid ja nende jätked), siis seega peaksid nendes tekkivad elektromagnetlained tekkima ka hyperruumi samuti kogu närvisüsteemi ulatuses.

Osa tavaruumis tekkivast elektromagnetlainest tekib ka hyperruumi, mille tulemusena kaob hyperruumi tekkival elektromagnetlainel põhjuslik kontakt ümbritseva aegruumiga ehk tavaruumiga ja seega ka välja allikaga. Kui väljal ei ole enam füüsikalist seost teda tekitanud allikaga ehk laenguga, siis väli eraldub laengust elektromagnetlainena. Antud juhul eraldub väli hyperruumi ehk väljapoole aegruumi, sest see tekib hyperruumi, milles esineb aegruumi lõpmatu kõverus ehk aja ja ruumi eksisteerimise lakkamine.

Laeng on välja allikas ehk välja tekitaja. Kui väli ja laeng (ehk välja allikas) ei ole enam omavahel põhjuslikult seotud (näiteks ei ole enam omavahel „kontaktis“), siis väli eraldub laengust ehk teda tekitanud allikast elektromagnetlainena. See tähendab, et väli hakkab iseseisvalt eksisteerima elektromagnetlainena sõltumata enam laengu kui välja allika olemasolust.

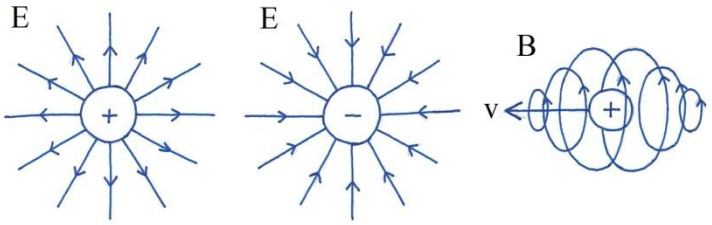
2.2.19.9.1 Elektromagnetlaine tekkimise mudel

Elektriimpulsi korral ei liigu mööda närvikiudu närvilõpmesse otseselt elektrilaengud, vaid mööda elektriliselt polariseerunud närvikiudu levib elektrilaengute depolarisatsioon ja repolarisatsioon. Depolarisatsiooni korral muutub elektrilaengute polarisatsioon vastupidiseks ehk

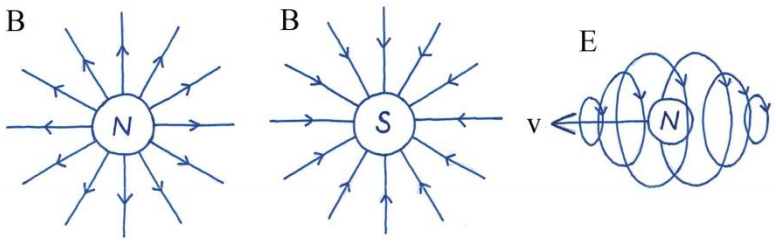
„+“ ja „-“ laengud vahetavad ära oma asukohad ruumis mingi imeväikese ajaperioodi jooksul. Repolarisatsiooni korral muutub depolarisatsiooni olek uuesti tagasi esialgsesse olekusse ehk „-“ ja „+“ laengud vahetavad oma asukohad ära tagasi esialgsesse olekusse.

Kui elektrilaeng hakkab ruumis liikuma, siis muutub laengut ümbritsev elektriväli. Välja muutumise ruumilise ülekande kiirus on võrdne täpselt valguse kiirusega c. Väli ja ka välja muutus levib ruumis kiirusega c ehk kulub teatud aeg, et välja allika muutumisel (antud juhul elektrilaengu liikumine ruumis) muutuks ka väli teatud kaugusel laengust. Näiteks elektrivälja impulsi levikiirus ühtib valguse kiirusega c ehk välja muutused kanduvad üle kogu ümbritsevasse ruumi täpselt valguse kiirusega c.

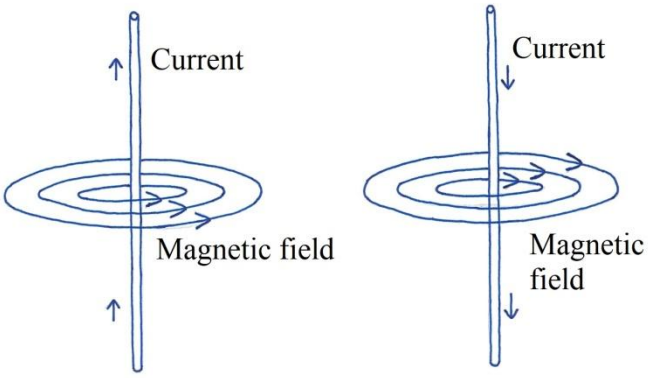
Spetsiifilisemalt väljendades tekib liikuva elektrilaengu ümber magnetväli B, joonis:



Liikuva magnetpooluse ümber tekib elektriväli E, joonis:



Ka magnetvälja tekkimine elektrilaengut ümbritsevas ruumis võtab aega. Näiteks elektrilaengu liikumise hakkamise korral tekib magnetväli teatud kaugusele laengust ja see võtab aega. Igasuguse energiavälja muutused ja ka tekkimised/lakkamised kanduvad üle kogu ümbritsevasse ruumi valguse kiirusega c, mis tähendab ka seda, et magnetvälja tekkimise ruumilise ülekande kiirus on võrdne valguse kiirusega c ehk magnetväli tekib ruumis valguse kiirusega c. Sellest järeldub, et ka magnetvälja impulsi levikiirus ühtib samuti valguse kiirusega c.

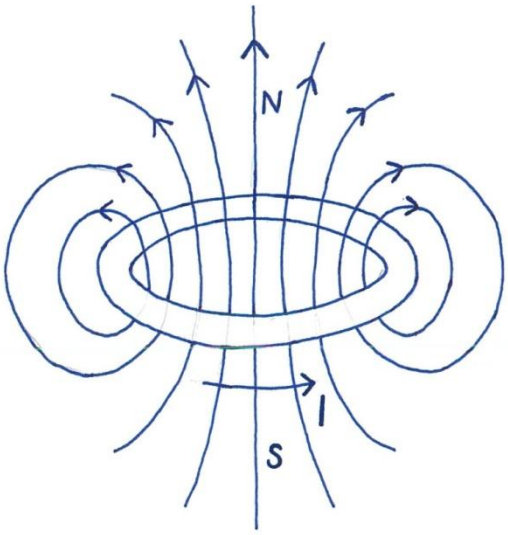


Joonis Magnetvälja jõujooned vooluga sirgjuhtme ümber.

Paigalseisev vaatleja registreerib paigalseisva laengu elektrivälja, kuid liikuv laeng tekitab

paigalseisva vaatleja jaoks ka magnetvälja. Elektrivooluga juhet ümbritseb magnetväli, kuna laengukandjate liikumise tulemusena tekib magnetväli. Elektrivälja muutumine tekitab magnetvälja. Magnetväli on pöörisväli, kuna magnetvälja jõujooned on kinnised ehk alguse ja lõputa.

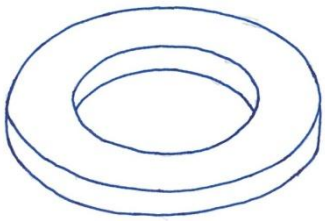
Ringvoolu kõik osad tekitavad ringi keskpunktis magnetvälja, mis on suunatud piki ringvoolu telge. Resultantväli on ringvoolu teljel kõige tugevam ringvoolu keskpunktis. Ringvoolu magnetvälja jõujooned on kinnised kõverad.



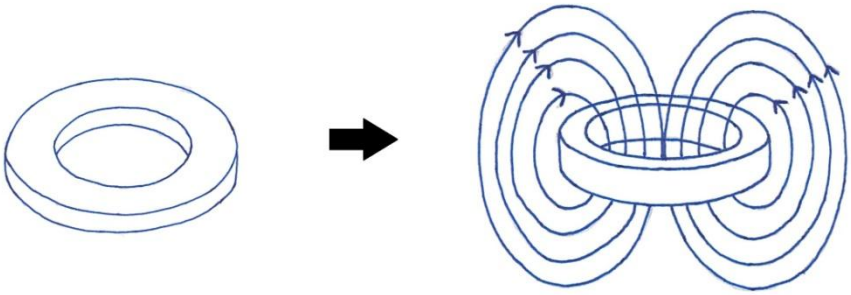
Joonis Magnetvälja jõujooned vooluga ringjuhtme ümber.

Inimese närvisüsteemis esinevad elektrilaengute olemasolu tõttu elektriväljad, mis mingisuguse kindla ajaperioodi jooksul muutuvad. Närviimpulsside levimistega närvisüsteemis kaasnevad elektrilaengute ajutised liikumised, mis põhjustavadki muutusi väljades. Väljade muutuste illustreerimiseks saame välja tuua järgmise füüsikalise mudeli, mis põhimõtteliselt töötab ka inimese ajus esinevate väljade muutuste korral. Igasuguse elektrilaengu liikumise korral aegruumis muutub selle väli, mida see ruumis tekitab. Närviimpulsi korral liiguvad elektrilaengud ruumis depolarisatsiooni ja repolarisatsiooni levimise tõttu närvikiududes. Elektrilaengud võivad liikuda näiteks ka laetud rõnga pöörlemise tõttu, mida me järgnevalt lähemalt vaatamegi. Ka sellisel juhul tekivad muutused väljades, mis põhimõtteliselt on samasugused inimese ajus esinevate väljade muutustega.

1. Oletame, et meil on „metallist rõngas“, mis on elektriliselt laetud (positiivselt või negatiivselt). Rõngas ei liigu ega pöörle ruumis ning sellel puudub ka elektrivool. Sellisel juhul ümbritseb metallrõngast ainult elektriväli. Joonis:



2. Kui aga metallrõngas hakkab pöörlema ümber oma kujuteldava telje, siis laengukandjate liikumise tulemusena ehk elektrivoolu tekkimise korral tekib ümber metallrõnga ka magnetväli. Elektrivälja muutumine tekitab magnetvälja. Joonis:



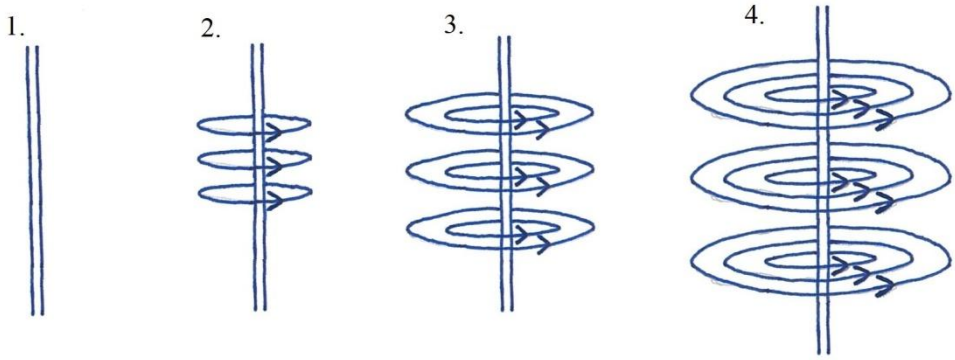
Magnetväli on muutuv (s.t. ruumis liikuv) elektriväli. Muutuva elektrivälja levik toimub magnetvälja vahendusel. Näiteks elektrivälja muutumine ühes ruumipunktis põhjustab kõigepealt muutuva magnetvälja ja selle magnetvälja muutus kutsub (elektromagnetilise induktsiooni teel) esile elektrivälja muutumise naaberpunktis. See tähendab seda, et igasugune elektri- või magnetvälja muutus levib ruumis lainena. See tekkiv laine ongi elektromagnetlaine ehk seega elektromagnetväli.

Sellise arusaama järgi tekib metallrõnga elektrivälja muutumisega „lühiajaliselt“ rõngast ümbritsev „rõngakujuline“ elektromagnetlaine ehk elektromagnetväli, mis eemaldub laetud rõngast ehk nagu „paisuks“ rõngast eemale ja mida võib tõlgendada eespool oleva analüüsi põhjal ka footoni tõenäosuslainena ehk tõenäosusväljana.

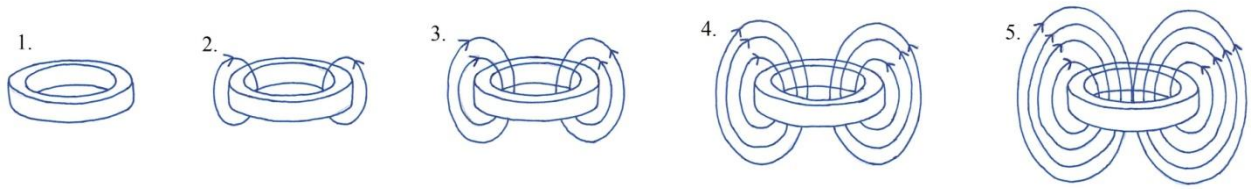
3. Kuna metallrõnga pöörlemisel ümber oma kujuteldava telje liiguvad kõik rõnga punktid ühekorraga, siis sellisel juhul tekib magnetväli ümber metallrõnga kõikjal ühekorraga.

   Magnetväli tekib ümber metallrõnga kõikjal korraga, mitte nii, et magnetväli tekib ühes rõnga otsas ennem ja teises rõnga otsas veidi hiljem. See tuleneb sellest, et rõngas pöörleb.

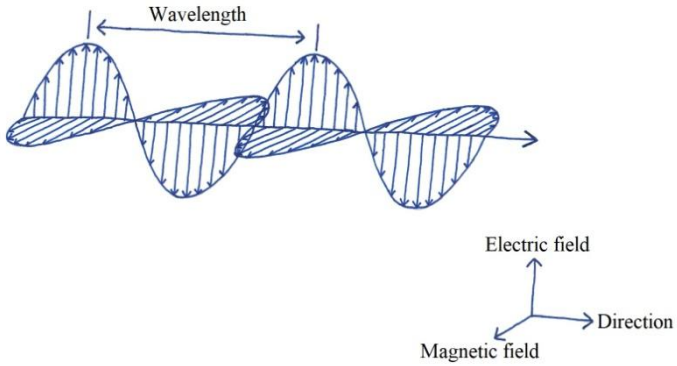
4. Magnetväli tekib ruumis valguse kiirusega c ehk elektriväli muutub magnetväljaks valguse kiirusega c. Joonis:



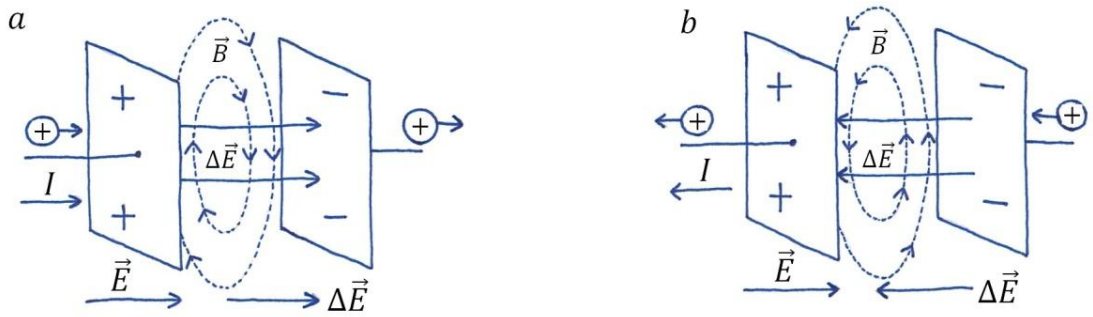
Magnetvälja tekkimine metallrõngast ümbritsevas ruumis võtab aega. Elektrilaengu liikumise hakkamise korral tekib magnetväli teatud kaugusele laengust ja see võtab aega. Elektrivälja ja magnetvälja muutused ja ka tekkimised/lakkamised kanduvad üle kogu ümbritsevasse ruumi valguse kiirusega c, mis tähendab seda, et näiteks magnetvälja tekkimise ruumilise ülekande kiirus on võrdne valguse kiirusega c ehk magnetväli tekib ruumis valguse kiirusega c. Joonis:



Näiteks elektromagnetlaine on elektrivälja ja magnetvälja üksteise muutumise levimine ruumis. Elektrivälja muutus tekitab magnetvälja ja magnetvälja muutus tekitab omakorda elektrivälja. Selline elektri- ja magnetvälja üksteiseks muutumine toimub valguse kiirusega c ning elektromagnetlaine liikumiskiirus vaakumis on samuti valguse kiirus c. Elektromagnetlainet võib vaadelda ka kvantosakese footoni liikumisena vaakumis, mille seisumass m on null ja energia E on avaldatav tuntud Max Plancki kvandienergia E valemina. Joonis:



Kondensaatori plaatide vahel toimub vahelduvvoolu läbiminek muutuva elektrivälja vahendusel ka tühja ruumi korral. Näiteks nihkevooluks nimetatakse sellist nähtust, mille korral hakkavad laengukandjad laaduva plaadi tugevneva elektrivälja tõttu teisel plaadil liikuma. Laengute liikumisega kaasneb magnetväli, kuid seda esineb ka laengukandjate puudumisel kondensaatoriplaatide vahel olevas tühjas ruumis. Magnetvälja muutumisel tekib pööriselektriväli sõltumatult muutuse päritolust. Näiteks voolutugevuse muutumise korral poolis või püsimagneti nihutamise korral. Elektrivälja muutumisel tekib magnetväli samuti sõltumatult muutuva elektrivälja päritolust. See tähendab ka seda, et muutuva elektrivälja levik toimub magnetvälja vahendusel. Kondensaatori plaatide vahel esineb vahelduvvoolu läbimineku korral magnetväli, mille jõujooned ümbritsevad elektrivälja muutumise suunda. Magnetvälja jõujooned on kinnised jooned ehk pöörised ja elektrivälja muutus levib ruumis täpselt valguse kiirusega c. Joonis:



5. Kuna magnetväli tekib ruumis valguse kiirusega c, siis see energiaväli nagu „liiguks“ metallrõngast eemale valguse kiirusega c. Energiavälja „liikumise“ all on mõeldud seda, et metallrõngast ümbritsev ruum täitub aja jooksul energiaväljaga (s.t. magnetväljaga), mis saab „alguse“ just metallrõnga pindast. Seetõttu on selle suhtes aeg (ja ka ruum) teisenenud

lõpmatuseni:

$$t` = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}} = \infty$$

Valguse kiirus c on suurim võimalik kiirus kogu Universumis:

$$c = \frac{l}{t}$$

ja seda mistahes taustsüsteemist vaadatuna:

$$c = \frac{d}{t`} = \frac{\sqrt{l^2 + v^2 t`^2}}{t`} = c$$

Kui me matemaatiliselt teisendame viimast avaldist järgmiselt:

$$(ct)^2 + (vt`)^2 = c^2 t`^2$$

ehk

$$(ct)^2 = (c^2 - v^2) t`^2$$

siis me näemegi seda, et liikudes valguse kiirusega c:

$$t^2 = \frac{c^2 - v^2}{c^2} t`^2 = \left[1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2\right] t`^2$$

„teiseneks“ ehk „aegleneks“ aeg t` lõpmatuseni:

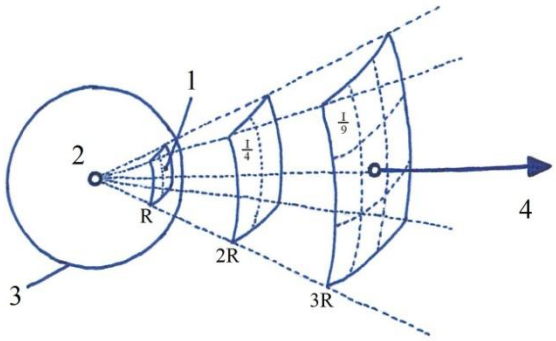
$$t` = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}} = \infty$$

Aeg (ja ruum) on teisenenud ehk kõverdunud lõpmatuseni ka musta augu gravitatsiooni-välja tsentris oleval Schwarzschildi pinnal, mille suurust määrab ära Schwarzschildi raadiuse R võrrand:

$$t` = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{2GM}{c^2 r}}} = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{R}{r}}} = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{R}{R}}} = \infty$$

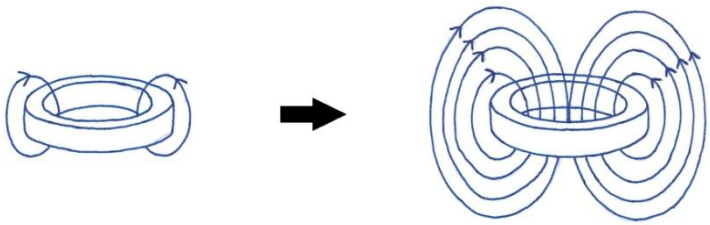
Musta augu Schwarzschildi raadius R määrab ära Schwarzschildi pinna S suuruse, mille ümbermõõt on L.

Näiteks kui tühjas ruumis tekib magnetväli valguse kiirusega c, siis tühja ruumi ja energiavälja vahelist ajutist „piiri“ on võimalik mõtteliselt tõlgendada kahemõõtmelise „pinnana“, kuna see „liigub“ („levib“) ruumis valguse kiirusega c. Joonis (laetud kera näitel):

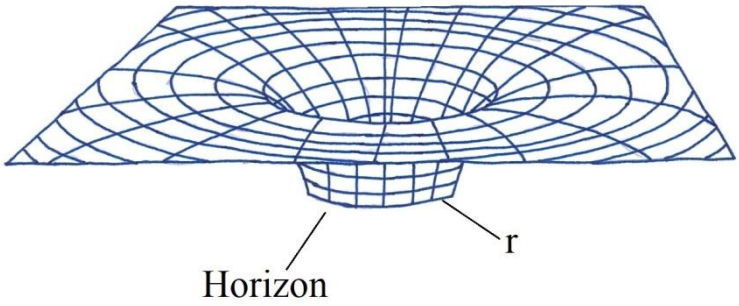


1. Intensity: $I = \frac{W_{EM}}{S}$
2. Source power: W_{EM}
3. Imaginary sphere area: $S = 4\pi R_0,\ R_0 = R, 2R, 3R$ ...
4. Direction of propagation of EM wave

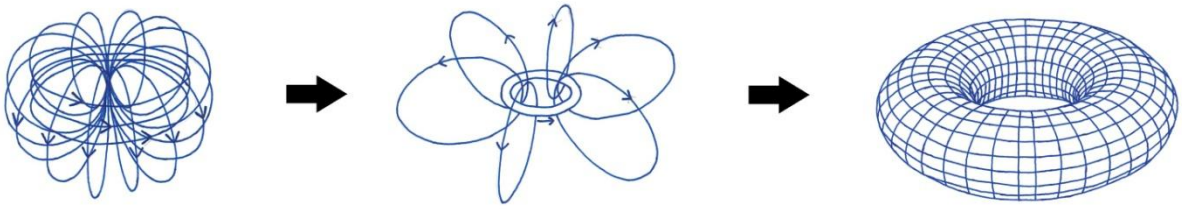
See tähendab seda, et see pind suureneb ajas valguse kiirusega c.



Musta augu tsentris oleval Schwarzschildi pinnal ehk musta augu „horisondil“ on aeg ja ruum samuti teisenenud ehk kõverdunud lõpmatuseni. Musta augu Schwarzschildi raadius r määrab ära Schwarzschildi pinna S suuruse. Joonis:



Metallrõngast ümbritsev magnetväli on geomeetriliselt sarnane sellise kujuga, mis meenutab sõõrikut. See tähendab seda, et magnetvälja kinnised jõujooned moodustavad ümber metallrõnga sõõriku kujulise energiavälja. Joonis:



6. Teine võimalus oleks ka see, et metallrõngast lastakse läbi elektrivool ja alles siis (

elektrivoolu ajal) hakkab rõngas ruumis pöörlema ehk liikuma. Selle tulemusena tekiks ümber rõnga muutuv magnetväli. Sellisel juhul tekib alguses elektrivoolust tingitud magnetväli ja pärast seda rõnga pöörlemisest tingitud muutuv magnetväli. Magnetvälja muutus tekitab (pööris)elektrivälja ja muutumise kiirus on võrdne valguse kiirusega vaakumis.

Näiteks kui püsimagnet vaatleja suhtes liiguks, siis muutub magnetväli vaatleja asukohas ning vaatleja registreerib elektrivälja olemasolu. Magnetvälja muutumine tekitab elektrivälja.

Kui rõngas pöörleb valguse kiirusega c, siis pikkuse kontraktsiooni tõttu:

$$dl = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\, dl_0 = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\, r_0 d\varphi$$

on vaatleja poolt mõõdetav „äärejoone“ pikkus l võrdne nulliga, võrreldes paigaloleva rõnga äärejoone pikkusega l_0. Rõnga nurkkiirus on ω, rõnga äärepunktide joonkiirus on

$$v = r\omega$$

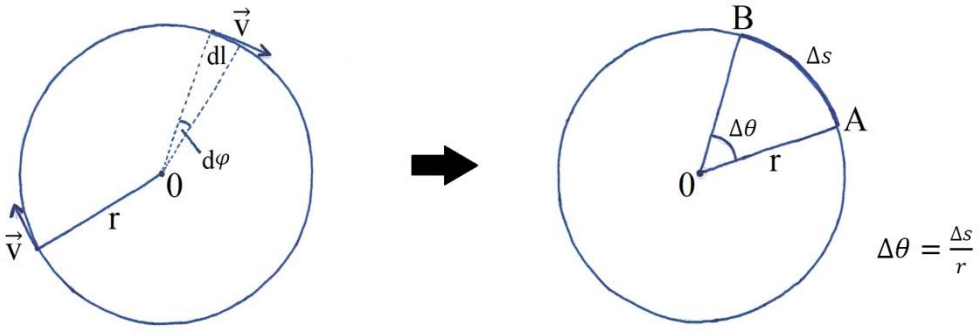
ja l on rõnga äärejoone pikkus. Kuna liikumissuunaga risti olevas sihis ei esine pikkuste lühenemise efekti, siis seega rõnga raadius ei muutu võrreldes paigalolevaga:

$$r = r_0$$

Paigaloleva rõnga korral kirjeldab dl_0 lõigukese pikkust ja c on valguse kiirus vaakumis. Kui me integreerime dl avaldist üle kogu ringjoone, siis annab see meile ringjoone pikkuse l valemiks:

$$l = \int_0^{2\pi} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\, r_0\, d\varphi = 2\pi r_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

mis tegelikult ongi pikkuste kontraktsiooni valem erirelatiivsusteooriast. Rõnga pöörlemise joonis:



Kuid rõngas ei saa reaalselt pöörelda valguse kiirusega c, kuna tegemist on seisumassi omava kehaga. Ainult energiaväljad saavad muutuda, tekkida ning levida ruumis valguse kiirusega c.

Elektromagnetlainet võib käsitleda valgusena, kuna valgus on samuti elektromagnetlaine ehk elektrivälja ja magnetvälja üksteise muutumise levimine ruumis. Kuid mitte igasugune elektromagnetlaine ei ole valgus ehk valguslaine. Kogu elektromagnetlainete lainepikkuste skaala jääb umbes 10^{-12} – 10^{4} meetri vahele, kuid nähtav valgus hõlmab sellest ainult 380 – 760 nanomeetrit. Siin ja edaspidi nimetame mistahes elektromagnetlainet valguseks ainult „tinglikult“, kuna mistahes elektromagnetlaine korral on siiski tegemist „footoniga“, mida mõistetakse kvantfüüsikas just „valguse osakesena“.

Elektromagnetlainete tekkimised Universumi aegruumis on tihedalt seotud elektrilaengutega. Magnetlaenguid looduses ei esine. Seetõttu võib looduses tekkivaid elektromagnetlaineid lihtsuse mõttes liigitada kahte suurde rühma:

1. Elektrilaengu liikumise või elektrilaengu suuruse muutuse tõttu tekib välja muutumine, mille korral levib välja muutus ajas ja ruumis elektromagnetlainena. Mistahes välja muutuse ülekande kiirus aegruumis võrdub täpselt valguse kiirusega c. Välja muutusest tingitud elektromagnetlained on vahetult seotud elektrilaengutega, mis on nende tekitajateks.

    Näiteks inimese ajus „tekivad“ närvikiu depolarisatsiooni ja repolarisatsiooni tulemusena (elektriimpulsside asukohtades) elektromagnetlained, kuid paraku need ei levi aju ruumist edasi. See tähendab seda, et inimese aju ei „kiirga“ elektromagnetlaineid ümbritsevasse ruumi (s.t. tavaruumi), nagu seda teeb näiteks raadio saatja antenn.

2. Elektromagnetlained võivad levida ka vaakumis, mis ei ole enam vahetult seotud neid tekitavate elektrilaengutega. Tühjas ruumis liikuvateks elektromagnetlaineteks on näiteks tähtede valgused maailmaruumis.

Selline liigitamine on oluline seetõttu, et täpsemalt arusaada, mis lained esinevad inimese ajus. Inimese ajus tekivad elektromagnetlained just elektrilaengute poolt põhjustatud väljade muutuste tõttu, kuid sellised elektromagnetlained, mis oleksid võimelised levima edasi ka vaakumis, inimese ajus paraku ei teki. Vaakumis levivaid elektromagnetlaineid on võimalik tekitada ainult kunstlikult.

Näiteks aatomituumade „ergastumine“ ehk aatomituumade resonantsi tekkimine põhjustab elektromagnetlaine tekkimist, mis liigub ruumis edasi. Näiteks kehavedelikes ja vesinikuaatomi tuum (mida leidub väga paljudes molekulides) on väga head resonaatorid.

Inimese ajus eksisteerivatel aatomituumadel on olemas impulsimomendid ehk spinnid, sest need pöörlevad. Seepärast tekitavad prootonid (aatomituumades olevad prootonid omavad positiivset laengut, kuid neutronid on ilma laenguta) magnetvälja, mille mõlemad poolused asuvad aatomituuma pöörlemisteljel. Kuid neid pöörlemistelgi on võimalik pealeasetatud magnetvälja abil mõjutada nii nagu on võimalik suunata näiteks kompassi nõela. Seetõttu võib tekkida aatomituumade resonants.

Inimese ajus tekkivad elektromagnetlained on seotud elektrilaengutega, täpsemalt muutuvate väljadega, mida põhjustavad elektrilaengute liikumised või nende suuruste muutused. Sellest võib järeldada, et muutuvatest väljadest põhjustatud elektromagnetlainete tekkimised inimese ajus on „seotud“ omakorda selliste tekkivate elektromagnetlainetega, mis tekivad ka hyperruumi ehk väljapoole aegruumi.

Eelnevalt me nägime, et looduses tekkivaid elektromagnetlaineid võib lihtsuse mõttes liigitada kahte suurde rühma. Kuid siinkohal tuleb märkida ka veel seda, et ühest rühmast võime saada teise rühma elektromagnetlaineid. Selleks kasutatakse võnkeringe, mida nimetatakse pendlilaadselt võnkuvaid elektrilisi süsteeme, mille võnkesagedus on määratud süsteemi omadustega. Lühidalt öeldes on võnkering induktiivpooli ja kondensaatorit sisaldav vooluring. Piiratud ruumiosas toimuva elektromagnetvõnkumise tekitamiseks on vajalik suletud võnkering. Kuid ruumis lainena leviva võnkumise saamiseks tuleb kasutada avatud võnkeringi, mille korral elektromagnetväli ei jää enam võnkeringi detailide sisemusse. Niimoodi tekitataksegi kunstlikult elektromagnetlaineid, mis võivad levida vaakumis.

> Avatud võnkeringina talitleb näiteks ka kaks metallvarrast (Hertzi vibraator või kahest vardast koosnev dipoolantenn). Kui laadida neid kahte metallvarrast vastandmärgiliselt läbilöögi pingeni, tekib varraste vahelises pilus sädelahendus (s.t. elektrivool). Vardad toimivad kui kondensaatori plaatidena. Varraste vahel eksisteeriv elektriväli muutus elektrivoolu läbimisel järsult. See kutsus esile elektromagnetlaine, mis ruumis edasi liigub. Tekkinud elektromagnetlainet on võimalik registreerida teise varraste paariga, mille vahel tekib siis säde. Tekkinud sädelahendus annab tunnistust elektromagnetlaine pärale jõudmisest.

Üldine elektrotehnika näitab meile üsna veenvalt, et eespool kirjeldatud ühest rühmast elektromagnetlainetest võime saada teise rühma elektromagnetlaineid. See näitab seda, et kõik elektromagnetlained Universumis on oma füüsikaliselt olemuselt tegelikult täpselt samasugused. Näiteks vaakumis leviv elektromagnetlaine on tegelikult täpselt samasugune laine, mis muutuvatest väljadest põhjustatud elektromagnetlaine. Selle arusaamine on oluline seetõttu, et kui vaakumis leviva elektromagnetlaine tekkimise korral peab ajas rändamise füüsikateooria järgi tekkima elektromagnetlaine ka hyperruumi, siis selline seaduspärasus peab esinema ka muutuvatest väljadest tingitud laine tekkimise korral. See on väga oluline seos mõistmaks inimese kehast väljumise füüsikat. Näiteks kvantmehaanika järgi on mistahes elektromagnetlaine osake nimega footon, millel on sagedus ja mass. Footonil puudub seisumass.

Inimese ajus tekkivad elektromagnetlained on seotud elektrilaengutega, täpsemalt muutuvate väljadega, mida põhjustavad elektrilaengute liikumised või nende suuruste muutused. Näiteks kui elektrilaeng hakkab ruumis liikuma või elektrilaengu suurus peaks muutuma, siis muutub ka laengut ümbritsev elektriväli. Välja muutumine ruumis nõuab teatavat aega. See tähendab seda, et välja muutumise ruumilise ülekande kiirus on võrdne täpselt valguse kiirusega c. Väli ja ka välja muutus levib ruumis kiirusega c ehk kulub teatud aeg, et välja allika muutumisel (elektrilaengu liikumise korral ruumis või elektrilaengu suuruse muutumise korral) muutuks ka väli teatud kaugusel laengust. Näiteks elektrivälja impulsi levikiirus ühtib valguse kiirusega c ehk välja muutused kanduvad üle kogu ümbritsevasse ruumi täpselt valguse kiirusega c.

Muutuva elektrivälja levik toimub magnetvälja vahendusel. Näiteks elektrivälja muutumine ühes punktis põhjustab kõigepealt muutuva magnetvälja ja selle magnetvälja muutus kutsub (elektromagnetilise induktsiooni teel) esile elektrivälja muutumise naaberpunktis. See tähendab seda, et igasugune elektri- või magnetvälja muutus levib ruumis lainena. See tekkiv laine ongi elektromagnetlaine ehk seega elektromagnetväli. Sellest järeldub omakorda seda, et elektrilaengu välja muutumisega tekib „lühiajaliselt“ laengut ümbritsev elektromagnetlaine ehk elektromagnetväli, mis eemaldub laengust ehk nagu „paisuks“ laengust eemale ja mida võib tõlgendada kvantmehaanika järgi ka footoni tõenäosuslainena ehk tõenäosusväljana.

Magnetvälja muutumisel tekib pööriselektriväli sõltumatult muutuse päritolust. Näiteks voolutugevuse muutumise korral poolis või püsimagneti nihutamise korral. Elektrivälja muutumisel tekib magnetväli samuti sõltumatult muutuva elektrivälja päritolust. See tähendab ka seda, et muutuva elektrivälja levik toimub magnetvälja vahendusel.

Maxwelli võrrandid kirjeldavad kõiki klassikalise elektromagnetvälja nähtusi. Näiteks üks neljast võrrandist avaldub kujul:

$$\frac{1}{c}\frac{\partial\varphi}{\partial t} = -divA$$

Kui me korrutame selle sama võrrandi mõlemad pooled „diferentsiaalse avaldisega“ $\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}$, siis saame tulemuseks:

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = -\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}divA = \Delta\varphi$$

Järgnevalt viime kõik liikmed ühele poole võrdusmärki:

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = 0$$

Saadud avaldis kirjeldab ainult vaakumis levivat elektromagnetlainet, kuid elektrilaengu poolt tekitavat elektromagnetlainet (s.t. elektrilaengu muutuvast väljast põhjustatud lainet) kirjeldab järgmine võrrand, mis erineb ainult võrduse poolest:

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = -4\pi\rho$$

Kuna mõlema võrrandi esimesed pooled on täpselt ühesugused, siis seega saab väita, et kui vaakumis tekkiva elektromagnetlaine korral peab seda tekkima täpselt samal ajal ka hyperruumis, siis seega peab seda tekkima ka elektrilaengu muutuvast väljast tekkinud elektromagnetlaine korral. Järgnevalt esitame palju põhjalikuma matemaatilise analüüsi kirjeldamaks viimati nimetatud seoseid.

2.2.19.9.3 Matemaatiline analüüs 1

Kõik elektromagnetlained Universumis on oma füüsikaliselt olemuselt tegelikult täpselt sama-sugused. Näiteks vaakumis leviv elektromagnetlaine on tegelikult täpselt samasugune laine, mis muutuvatest väljadest põhjustatud elektromagnetlaine. See tähendab seda, et ühest rühmast elektromagnetlainetest võime saada teise rühma elektromagnetlaineid. Näitame seda järgnevalt matemaatilise analüüsi kaudu.

Tsentraalsümmeetrilist elektrivälja kirjeldab elektrivälja tugevuse võrrand:

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{r^2}$$

Kuna väli on sellisel juhul tsentraalsümmeetriline, siis seega esineb antud võrrandis

$$E = \frac{q_1}{\varepsilon_0 S}$$

kera pindala valem S:

$$S = 4\pi r^2$$

Kui laeng q_1 muutub laenguks q_2:

$$E = \frac{q_2}{\varepsilon_0 S}$$

mille korral:

$$q_1 < q_2$$

siis seega peab muutuma ka laengut ümbritsev elektriväli. Sellisel juhul muutub elektrivälja tugevus suuremaks.

Kuna laengu muutumise tõttu muutub ka laengut ümbritsev väli, siis seega laengust saab alguse välja muutus, mis levib ruumis laengust eemale. Mida kaugemale levib välja muutus laengust, seda suurem on raadius r, mille tõttu on suurem ka pindala S:

$$S = 4\pi r^2$$

Kuna välja muutus levib ruumis täpselt valguse kiirusega c, siis seega „suureneb“ ka pindala S täpselt valguse kiirusega c:

$$S = 4\pi c^2 t^2$$

Matemaatiliselt on see võrdne ka sellega, et kui me pindala valemi:

$$S = 4\pi r^2$$

mõlemad pooled jagame ajaga t:

$$\frac{S}{t} = \frac{4\pi r^2}{t} = 4\pi r \frac{r}{t} = 4\pi r * c$$

siis sellest ongi näha, et saadud tulemus:

$$S = 4\pi r * ct$$

kattub esialgse avaldisega: $S = 4\pi r^2$.

Elektrivälja korral saame matemaatilistes arvutustes arvestada kera pindala valemiga. Näiteks elektrivälja tugevuse võrrandis:

$$E_T = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}$$

esineb kera pindala S avaldis:

$$E_T = \frac{q}{\varepsilon_0 S}$$

ehk

$$S = 4\pi r^2$$

Elektriväli on tsentraalsümmeetriline energiaväli, kuid magnetväli ei ole tsentraal-sümmeetriline. Magnetvälja tsentraalsümmeetrilisus avaldub kolmemõõtmelises ruumis ainult ühes kindlas tasandis, mistõttu saab arvestada ringi pindalaga S:

$$S = \pi r^2$$

See tuleneb sellest, et näiteks vooluga juhtmele mõjuv magnetjõud on suunatud alati risti nii voolu kui ka magnetvälja suunaga. Kuid mõlemal korral on võimalik arvestada ringi ümbermõõdu avaldisega C:

$$C = 2\pi r$$

kuna ringi ümbermõõt C esineb nii kera kui ka ringi pindala S valemites.

Elektrivälja tugevus

$$E_T = k\frac{q}{r^2}$$

on seotud elektrijõuga F järgmiselt:

$$E_T q = k\frac{q^2}{r^2} = F$$

Elektrijõu F avaldisest:

$$F = k\frac{q^2}{r^2}$$

on võimalik „tuletada“ elektrivälja potentsiaali φ võrrand:

$$\frac{F}{q}r = k\frac{q}{r} = \varphi$$

Kui me nüüd jagame saadud võrrandi mõlemad pooled ajaga t:

$$\frac{F}{q}\frac{r}{t} = E_T v = E_T c = \frac{\varphi}{t}$$

ja diferentseerime saadud avaldist:

$$\frac{1}{c}\frac{\varphi}{t} = E_T$$

siis me näeme sellist diferentsiaalvõrrandi avaldist:

$$\frac{1}{c}\frac{\partial\varphi}{\partial t} = -div\vec{A} \neq E_T$$

mis esineb elektromagnetvälja potentsiaalide võrrandites.

Kui me arvestame diferentsiaali ruuduga, siis saame Laplace operaatori Δ:

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = \Delta\varphi = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)\varphi$$

Kui esitatud avaldis võrdub nulliga: $\Delta\varphi = 0$ või $\Delta\varphi = -4\pi\rho$, siis tegemist on Poissoni võrrandiga. Selle järgi peaks kehtima järgmine võrdus:

$$\frac{1}{c}\frac{\partial\varphi}{\partial t} = \left(\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z}\right)\varphi$$

mis annab meile eespool esitatud avaldise kujuks:

$$\left(\frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z}\right)\varphi = -div\vec{A}$$

Kuid Laplace operaatorist saame võrduse:

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = 0$$

Kui see võrdus avaldub järgmiselt:

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = -4\pi\rho$$

milles ρ on laengute tihedus, siis tegemist on vektorpotentsiaaliga laengute olemasolu korral. Kui aga vektorpotentsiaal võrdub nulliga:

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = 0$$

siis on tegemist lainevõrrandiga, milles ei arvestata enam laengute olemasolu. Kuna Maxwelli neljas võrrand avaldub: $div\vec{E} = 4\pi\rho,$ siis see annab vektorpotentsiaali võrrandi:

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = -4\pi\rho$$

kujuks järgmise avaldise:

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} - \Delta\varphi = div\vec{E} = \frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z}$$

Eespool me tõdesime, et kõik elektromagnetlained Universumis on oma füüsikaliselt olemuselt tegelikult täpselt samasugused. Matemaatikast ongi näha, et vaakumis leviv elektromagnetlaine

$$div\vec{E} = \frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z} = 0$$

on tegelikult täpselt samasugune laine, mis elektrilaengute muutustest põhjustatud elektromagnetlaine:

$$div\vec{E} = \frac{\partial E_x}{\partial x} + \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{\partial E_z}{\partial z} = 4\pi\rho$$

Sellest me näemegi, et ühest rühmast elektromagnetlainetest võime saada teise rühma elektromagnetlaineid ehk vaakumis leviv elektromagnetlaine on oma füüsikaliselt olemuselt täpselt samasugune laine, mis elektrilaengu muutusest põhjustatud elektromagnetlaine. Erinevus seisneb ainult selles, et üks liik elektromagnetlaineid saab levida vaakumis sõltumata laengu olemasolust:

$$4\pi\rho = 0$$

kuid teine liik elektromagnetlaineid on sõltuvuses elektrilaengute olemasolust ja seega ei saa need levida vaakumis:

$$4\pi\rho \neq 0$$

Seda näitabki eelnev matemaatiline analüüs.

Eespool me nägime, et millega võrdub Laplace operaator Δ:

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = \Delta\varphi = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)\varphi$$

ehk

$$\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} = \Delta\varphi$$

Kuid nüüd näeme, et saadud avaldis võrdub ka lainete üldise diferentsiaalvõrrandiga:

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{d^2y}{dy^2} + \frac{d^2y}{dz^2} = -\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 * y$$

ehk

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{d^2y}{dy^2} + \frac{d^2y}{dz^2} + \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 * y = 0$$

Seda juhul kui teisendame vastavalt: $\varphi \to y$ ja $\partial \to d$. Tegemist on üldise lainete diferentsiaalse

lainevõrrandiga, mis kirjeldab mistahes lainete amplituudi y. Seda tuletatakse sinusoidaalsest laine võrrandist. Näiteks mööda x-telge liikuvat harmoonilist (sinusoidaalset) lainet kirjeldab võrrand:

$$y = y_0 sin2\pi\left(ft - \frac{x}{\lambda}\right)$$

milles y on hälve, y_0 amplituud ja f on sagedus. Kui laineallikas võngub punktis $x = 0$ sinusoidaalselt ja oletame, et algfaas võrdub: $\varphi = 0$:

$$y = y_0 sin2\pi ft = y_0 sin\omega t$$

siis seega punkti $x = x'$ jõuab see võnkumine lainena täpselt samas faasis nagu laineallika võnkumine oli t' sekundit tagasi:

$$y = y_0 sin\omega(t - t')$$

Laine faasikiirus v avaldub valemis:

$$t' = \frac{x'}{v} = \frac{x'}{f\lambda}$$

Viimastest seostest saame järgmise võrrandi:

$$y = y_0 sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

Võtame saadud võrrandist teise tuletise x järgi:

$$\frac{dy}{dx} = y_0\left[cos2\pi\left(ft - \frac{x}{\lambda}\right)\right]\left(-\frac{2\pi}{\lambda}\right)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -y_0\left[sin2\pi\left(ft - \frac{x}{\lambda}\right)\right]\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2$$

Kui viimases võrrandis võrdub selline kordaja ühega:

$$\left[sin2\pi\left(ft - \frac{x}{\lambda}\right)\right] = 1$$

siis saame tulemuseks:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -y\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2$$

ehk

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 * y = 0$$

Saadud avaldis ongi üldine lainete diferentsiaalvõrrand, lainevõrrand, mis kirjeldab mistahes lainete amplituudi y (kolmemõõtmelise ruumi korral):

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{d^2y}{dy^2} + \frac{d^2y}{dz^2} + \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 * y = 0$$

Lainearv k on seotud lainepikkusega λ järgmiselt:

$$\frac{2\pi}{\lambda} = k$$

Elektromagnetvälja (antud juhul elektromagnetlaine) potentsiaalide võrrandeid esitatakse

füüsikas samuti diferentsiaalvõrranditena:

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = 0$$

ja

$$\Delta A - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 A}{\partial t^2} = 0$$

Kuid elektrilaengu poolt tekitatud elektromagnetvälja vektorpotentsiaal avaldub:

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = -4\pi\rho$$

ja skalaarpotentsiaal:

$$\Delta A - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 A}{\partial t^2} = -\frac{4\pi}{c}j$$

Viimaseid võrrandeid on võimalik avaldada ka ainult magnetvälja tugevuse H kaudu:

$$\Delta H - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 H}{\partial t^2} = 0$$

ja ka elektrivälja tugevuse E kaudu:

$$\Delta E - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0$$

Viimases avaldises viime ΔE võrrandi teisele poole võrdusmärki ja teisendame matemaatiliselt järgmiselt:

$$-\Delta E = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = -\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{1}{c}\frac{\partial E}{\partial t}\right) = -\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}rotH = -\frac{1}{c}rot\frac{\partial H}{\partial t}$$

Saadud tulemus võrdub omakorda:

$$-\frac{1}{c}rot\frac{\partial H}{\partial t} = grad\ div\ E - \Delta E = rot\ rot\ E$$

milles nähtub Maxwelli esimene võrrand:

$$rot\ E = -\frac{1}{c}\frac{\partial H}{\partial t}$$

Maxwelli teine võrrand avaldub kujul: $div\ H = 0$ ja kolmas võrrand elektromagnetlaine korral:

$$rot\ H = \frac{1}{c}\frac{\partial E}{\partial t}$$

ning elektromagnetvälja korral:

$$rot\ H = \frac{1}{c}\frac{\partial E}{\partial t} + \frac{4\pi j}{c}$$

Maxwelli neljas võrrand avaldub vastavalt järgmiselt: $div\ E = 0$ ja $div\ E = 4\pi\rho$. Maxwelli võrrandid kirjeldavad kogu elektromagnetismi õpetust, kuid need on eelkõige klassikalise füüsika võrrandid.

Eespool saime tuletada elektrivälja tugevuste võrrandi elektromagnetlaine juhul:

$$\Delta E - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0$$

mis lahti kirjutatuna esitub järgmiselt:

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)E-\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 E}{\partial t^2}=0$$

ehk

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)E=\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$$

Viimast võrrandit saab tegelikult esitada ka kujul:

$$\frac{E}{l^2}=\frac{1}{c^2}\frac{E}{t^2}$$

millest nähtub valguse kiiruse avaldis:

$$Ec^2=E\frac{l^2}{t^2}$$

ehk

$$c=\frac{l}{t}$$

Elektromagnetlaine levimiskiirus vaakumis ühtib täpselt valguse kiirusega c. Kuid elektri- ja magnetvälja muutumise või tekkimise kiirus elektromagnetlaines võrdub samuti valguse kiirusega c.

Võrrandites olev liige $-\frac{\partial}{\partial r}$ on avaldatav ka negatiivse grad-na ehk

$$-\left(i\frac{\partial}{\partial x}+j\frac{\partial}{\partial y}+k\frac{\partial}{\partial z}\right)$$

mida tähistatakse nablana ∇. See on sellepärast nii, et liige $-\frac{\partial}{\partial r}$ on vektor, mille komponendid on

$$\frac{\partial}{\partial x},\frac{\partial}{\partial y}\ ja\ \frac{\partial}{\partial z}$$

ja seetõttu võib avaldist

$$E_r=-\frac{\partial\varphi}{\partial r}$$

avaldada skalaari φ gradiendina järgmiselt:

$$E=-grad\varphi$$

ehk

$$E=-\left(i\frac{\partial\varphi}{\partial x}+j\frac{\partial\varphi}{\partial y}+k\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)$$

ehk

$$E=-\nabla\varphi$$

milles ∇ on nabla. See tähendab seda, et elektrivälja tugevus E on võrdne vastandmärgilise potentsiaaligradiendiga. Nabla- ehk Hamiltoni operaator ∇ on vektoriline diferentsiaaloperaator. See on vektor, mille komponendid on

$$\frac{\partial}{\partial x},\frac{\partial}{\partial y}\ ja\ \frac{\partial}{\partial z}$$

ja seega saadaksegi nablaks:

$$\nabla=i\frac{\partial}{\partial x}+j\frac{\partial}{\partial y}+k\frac{\partial}{\partial z}$$

Üksinda sellel vektoril tähendust ei ole, vaid see omandab füüsikalise mõtte ainult siis kui korrutada see nabla skalaar- või vektorfunktsiooniga. Näiteks funktsiooni gradiendi saame siis kui korrutada vektor ∇ skalaariga φ, tulemuseks on vektor:

$$\nabla\varphi = i\frac{\partial\varphi}{\partial x} + j\frac{\partial\varphi}{\partial y} + k\frac{\partial\varphi}{\partial z}$$

milles elektrivälja potentsiaal φ avaldub järgmise funktsioonina:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}$$

Välja potentsiaali kirjeldatakse diferentsiaalvõrrandiga, milleks ongi gradient ehk grad. Gradienti tähistatakse sümboliga, mida nimetataksegi nablaks:

$$\nabla\varphi = grad\varphi$$

Kuid vektori A divergentsi saame siis kui korrutada vektor ∇ skalaarselt vektoriga A, tulemuseks on skalaar:

$$\nabla A = \nabla_x A_x + \nabla_y A_y + \nabla_z A_z = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$$

Vektori rotA ühe komponendi (x) saame siis kui korrutada ∇ vektoriga A vektoriliselt, tulemuseks on vektor, mille üheks komponendiks on näiteks järgmine avaldis:

$$(\nabla A)_x = \nabla_y A_z - \nabla_z A_y = \frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z}$$

∇ on diferentsiaaloperaator. Vektorfunktsioon on mingisuguse funktsiooni φ gradient. Näiteks:

$$divgrad\varphi = \nabla(\nabla\varphi) = (\nabla\nabla\varphi) = \left(\nabla_x{}^2 + \nabla_y{}^2 + \nabla_z{}^2\right)\varphi = \frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} = \triangle\,\varphi$$

milles △ on Laplace´i operaator. Vastavalt sellele kirjeldataksegi kogu elektrivälja Poissoni võrrandi kaudu:

$$\Delta\varphi = -4\pi\rho \quad \text{ehk} \quad \text{divgrad}\varphi = -4\pi\rho$$

milles $\text{div}\vec{E} = 4\pi\rho$ ja $\vec{E} = -\text{grad}\varphi$. Elektrivälja (s.t. elektrostaatilise välja) tsirkulatsioon on null mistahes kontuuri korral:

$$\oint E_r\, dr = 0$$

Viimane valem kehtib ainult elektrostaatilise välja jaoks ja on ka kooskõlas järgmise matemaatilise avaldisega:

$$rotgrad\varphi = (\nabla, \nabla\varphi) = (\nabla\nabla)\varphi = 0$$

Viimane avaldis tähendab seda, et vektori vektorkorrutis iseendaga on null.

Tsentraalsümmeetrilist elektrivälja kirjeldab näiteks elektrivälja tugevuse võrrand:

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1}{r^2}$$

Kuna väli on sellisel juhul tsentraalsümmeetriline, siis seega esineb antud võrrandis

$$E = \frac{q_1}{\varepsilon_0 S}$$

kera pindala valem S:

$$S = 4\pi r^2$$

Kui laeng q_1 muutub laenguks q_2:

$$E = \frac{q_2}{\varepsilon_0 S}$$

mille korral:

$$q_1 < q_2$$

siis seega peab muutuma ka laengut ümbritsev elektriväli. Sellisel juhul muutub elektrivälja tugevus suuremaks.

Kui elektrilaeng muutub (antud juhul suuremaks), siis muutub ka laengut ümbritsev tsentraalsümmeetriline elektriväli. Kuid tugevama välja tekkimine laengut ümbritsevas ruumis nõuab teatavat aega. See tähendab seda, et laengu välja muutumise ruumilise ülekande kiirus on võrdne valguse kiirusega c. Väli ja ka välja muutus levib ruumis kiirusega c ehk kulub teatud aeg, et välja allika (elektrilaengu) muutumisel muutuks ka väli teatud kaugusel laengust. Näiteks elektrivälja impulsi levikiirus ühtib valguse kiirusega c ehk välja muutused kanduvad üle kogu ümbritsevasse ruumi valguse kiirusega c. Seda tõestab näiteks see, et valguse kiirus c on seotud elektri- ja magnetkonstandiga:

$$\frac{1}{c^2} = \varepsilon_0\mu_0 = \frac{4\pi * 10^{-7}\frac{N}{A^2}}{4\pi * 9 * 10^9 \frac{Nm^2}{(A*s)^2}} = \frac{1}{9 * 10^{16}\left(\frac{m}{s}\right)^2}$$

Viimases avaldises teisenevad ühikud täpsemalt:

$$\frac{4\pi * 10^{-7}\frac{N}{A^2}}{4\pi * 9 * 10^9 \frac{Nm^2}{(A*s)^2}} = \frac{4\pi * 10^{-7}N(A*s)^2}{4\pi * 9 * 10^9\, NA^2m^2} = \frac{4\pi * 10^{-7}\, A^2s^2}{4\pi * 9 * 10^9\, A^2m^2}$$

ehk

$$\frac{A^2s^2}{A^2m^2} = \frac{A^2}{A^2\frac{m^2}{s^2}} = \frac{C^2s^2}{C^2s^2\frac{m^2}{s^2}} = \frac{C^2}{C^2\frac{m^2}{s^2}} = \frac{q^2}{q^2c^2} = \varepsilon_0\mu_0$$

milles

$$\frac{q^2}{q^2c^2} = \frac{1}{c^2} = \varepsilon_0\mu_0$$

ehk

$$\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}} = c$$

Muutuva elektrivälja levik toimub magnetvälja vahendusel. Näiteks elektrivälja muutumine ühes punktis põhjustab kõigepealt muutuva magnetvälja ja selle magnetvälja muutus kutsub (elektromagnetilise induktsiooni teel) esile elektrivälja muutumise naaberpunktis. See tähendab seda, et igasugune elektri- või magnetvälja muutus levib ruumis lainena. See tekkiv laine ongi elektromagnetlaine ehk seega elektromagnetväli. Sellest järeldub omakorda see, et elektrilaengu muutumisega tekib „lühiajaliselt“ laengut ümbritsev „kerakujuline“ elektromagnetlaine ehk elektromagnetväli, mis eemaldub laengust ehk nagu „paisuks“ laengust eemale valguse kiirusega c.

Elektrivälja muutus kutsub esile magnetvälja tekkimise. See tähendab seda, et elektrivälja potentsiaali φ muutus ajas t kutsub esile magnetinduktsiooni B ja seda täpselt valguse kiirusega c:

$$\frac{\varphi}{t} = B$$

Viimast avaldist oleme tuletanud ja ka tõestanud juba eespool. Selle järgi on elektrivälja potentsiaal φ seotud elektrivälja tugevusega E_T järgmiselt:

$$\frac{\varphi}{t} = B = K\frac{I}{d} = \frac{F}{Il} = \frac{F}{q}\frac{t}{l} = \frac{F}{q}\frac{1}{v} = \frac{F}{q}\frac{1}{c} = E_T\frac{1}{c}$$

Kuna eelnevalt saime ka magnetinduktsiooni B:

$$\frac{\varphi}{t} = E_T\frac{1}{c} = B$$

siis seega saame seosest:

$$E_T = Bc$$

elektrivälja tugevuse avaldise:

$$\frac{\varphi}{l} = \frac{\varphi}{ct} = E_T = Bc$$

millest nähtubki elektrivälja potentsiaali φ muutuse seos ajas t:

$$\frac{\varphi}{t} = Bc^2 = E_T c$$

ehk

$$\frac{\varphi}{t} = E_T c$$

Sellist seost on võimalik tuletada ka puhtalt elektrijõu F avaldisest:

$$F = k\frac{q^2}{r^2}$$

kuna sellest omakorda tuletatav elektrivälja potentsiaali φ võrrand:

$$\frac{F}{q}r = k\frac{q}{r} = \varphi$$

annabki meile potentsiaali muutuse avaldise, kui me jagame võrrandi mõlemad pooled ajaga t:

$$\frac{F}{q}\frac{r}{t} = E_T v = E_T c = \frac{\varphi}{t}$$

Tegemist on sellise diferentsiaalvõrrandi avaldisega:

$$\frac{1}{c}\frac{\partial \varphi}{\partial t} = -divA$$

mis esineb ka tuntud Maxwelli võrrandites. Selline kokkulangevus tõestabki eespool esitatud võrrandite kehtivust.

Kuna laengu muutumise tõttu muutub ka laengut ümbritsev väli, siis seega laengust saab alguse välja muutus, mis levib ruumis laengust eemale. Mida kaugemale levib välja muutus laengust, seda suurem on raadius r, mille tõttu on suurem ka pindala S:

$$S = 4\pi r^2$$

Kuna välja muutus levib ruumis täpselt valguse kiirusega c, siis seega „suureneb“ ka pindala S täpselt valguse kiirusega c:

$$S = 4\pi c^2 t^2$$

Seetõttu on selle „pinnal“ aeg (ja tegelikult ka ruum) teisenenud lõpmatuseni

$$t` = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}} = \infty$$

täpselt nii nagu on aeg (ja ruum) teisenenud lõpmatuseni musta augu gravitatsioonivälja tsentris oleval Schwarzschildi pinnal, mille suurust määrab ära Schwarzschildi raadiuse R võrrand:

$$t` = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{2GM}{c^2R}}} = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{R}{R}}} = \infty$$

Musta augu Schwarzschildi pinda nimetatakse ka aegruumi lõkspinnaks. Aegruumi intervall võrdub musta augu Schwarzschildi pinnal täpselt nulliga:

$$0 = ds^2 = \left(1-\frac{R}{R}\right)dt^2 - \frac{1}{1-\frac{R}{R}}dr^2 - r^2(d\theta^2 + sin^2\theta d\varphi^2)$$

Sellest kõigest järeldubki see, et laengut ümbritseva elektromagnetvälja lühiajalise eksisteerimise tõttu ümbritseb laengut ka veel lühiajaliselt „aegruumi lõkspind“.

2.2.19.9.5 LISA: Elektriliselt laetud kera

Inimese närvisüsteemis eksisteerivad füüsikalised väljad. Need energiaväljad on elektriväljad, mida tekitavad ajus elektrilaengud. Närvirakud ehk neuronid ja närvikiud (näiteks aksonid ja neuronite jätked) on laengute poolt polariseeritud. Sellisel juhul eksisteerivad väljad positiivsete ja negatiivsete laetud pindade vahelises ruumis. Väljaspool seda ruumala välja ei eksisteeri. Kui aga neuron laengleb (ehk neuroni membraan lühikeseks ajaks depolariseerub), siis väli eksisteerib ka

neuronite vahelises ruumis ehk väljaspool närviraku keha. Sellisel juhul on ajupiirkonnad elektriliselt aktiivsed ehk aju on üldises töö olekus.

> Füüsikalised väljad esinevad ka neuronite sünaptilistes piludes, kus vallanduvad erinevad mediaatorid ehk virgatsained (s.t. keemilised ühendid) elektriimpulsside tõttu. Need keemilised ühendid on ioonid ehk laengud, mille sünaptilise pilu läbimise korral muudavad neuroni membraanipotentsiaali vastupidiseks ja neuron hakkab laenglema.

Lõppkokkuvõttes võib öelda, et füüsikalised väljad eksisteerivad inimese närvisüsteemis ainult kolmes põhilises kohas ehk „koordinatsioonis“: neuronite ja närvikiudude polariseeritud pindade vahelises ruumis, neuronite laenglemise korral ka neuronite vahelises ruumis ja neuronite sünaptilistes piludes. Need on energiaväljade kolm põhilist „koordinaati“ inimese närvisüsteemis ning seega kuskil mujal energiavälju ei ole tuvastatav.

Kõik närvirakud ehk neuronid on elektriliselt polariseerunud, mis tähendab seda, et neuroni välispinna siseosa on puhkeseisundi korral väliskeskkonna suhtes negatiivse pinge all ehk neuroni siseosal on negatiivne puhkepotentsiaal, mille väärtus on umbes -70 mV. Puhkepotentsiaali määravad positiivsete ja negatiivsete ioonide ehk elektrilaengute konsentratsioonid mõlemal pool närviraku seina. Kuid neuroni pind ei ole siiski täielikult kaetud sellise elektrilise polarisatsiooniga. Näiteks eksisteerivad nö. „augud“, mille läbi imbuvad neuronisse või väljuvad neuronitest virgatsained. Need „augud“ eksisteerivad tavaliselt neuronite sünapsites, mida neuroloogiliselt tuntakse virgatsainete säilitavate põiekestena (kui nende membraanid sulanduvad rakumembraani) ja ioonkanalitena (mille läbi jõuavad erinevad virgatsained postsünaptilisse rakumembraani). Just neid kanaleid või auke, mille kaudu virgatsained liiguvad, saab käsitleda neuroni polarisatsiooni pinna aukudena.

Järgnevalt toome „idealiseeritud näite ehk füüsikalise mudeli“ elektriliselt laetud kerast ehk sfäärist, mille sisse võib inimene ära mahtuda ja mida laetakse kera seest. Kera ei pöörle, tiirle ega liigu ruumis. Inimese ajus olevad neuronid laenglevad, mis tähendab seda, et neuronite elektriväljad tekivad ja lakkavad ajas perioodiliselt. Selle analoogiliseks näiteks võime välja tuua kera ehk sfääri elektrilaengu, mis tekitab samuti ümbrtisevasse ruumi elektrivälja.

Elektriliselt laetud kera mudeli korral on meil tegemist sfäärilise pinnaga S, mis on laetud ühtlase pindtihedusega σ. Selline sfäär raadiusega R loob ümbritsevasse ruumi tsentraalsümmeetrilise energiavälja, mis tähendab seda, et igas ruumipunktis läbib elektrivälja E vektori siht sfääri tsentrit. Väljatugevus sõltub kera tsentri kaugusest r ja sfäärilise pinna kõigi punktide jaoks on E vektor: E_n = E (r). Kui aga r väärtus on suurem R väärtusest, siis sellisel juhul jääb laeng q sfäärilise pinna sisemusse. Kera laeng q tekitab kogu energiavälja. Sfäärilise pinna raadiusest R väiksemad sfäärilised pinnad r ei sisalda elektrilaenguid ja seega laetud sfäärilise pinna sees puudub väli. Väljaspool sfäärilist pinda on aga väli olemas ja see on sarnaselt nii nagu sfääri tsentrisse paigutatud sama suure punktlaengu välja korral. Elektriliselt laetud kera korral väheneb alati elektrivälja potentsiaal φ kera pinnast eemaldumisel, mille tulemusena väheneb ka laetud kera elektrijõud. Näiteks elektrilaengu q nihutamiseks teelõigul dr laetud kera väljas on välja jõudude töö avaldatav järgmiselt:

$$dA = qE_r dr$$

Samas on välja jõudude töö avaldatav ka kui laengu q potentsiaalse energia kahanemisena ehk:

$$-d(q\varphi) = -q\frac{\partial \varphi}{\partial r}dr$$

Seega on kaks viimast avaldist omavahel võrdsed:

$$qE_r dr = -q\frac{\partial \varphi}{\partial r}dr$$

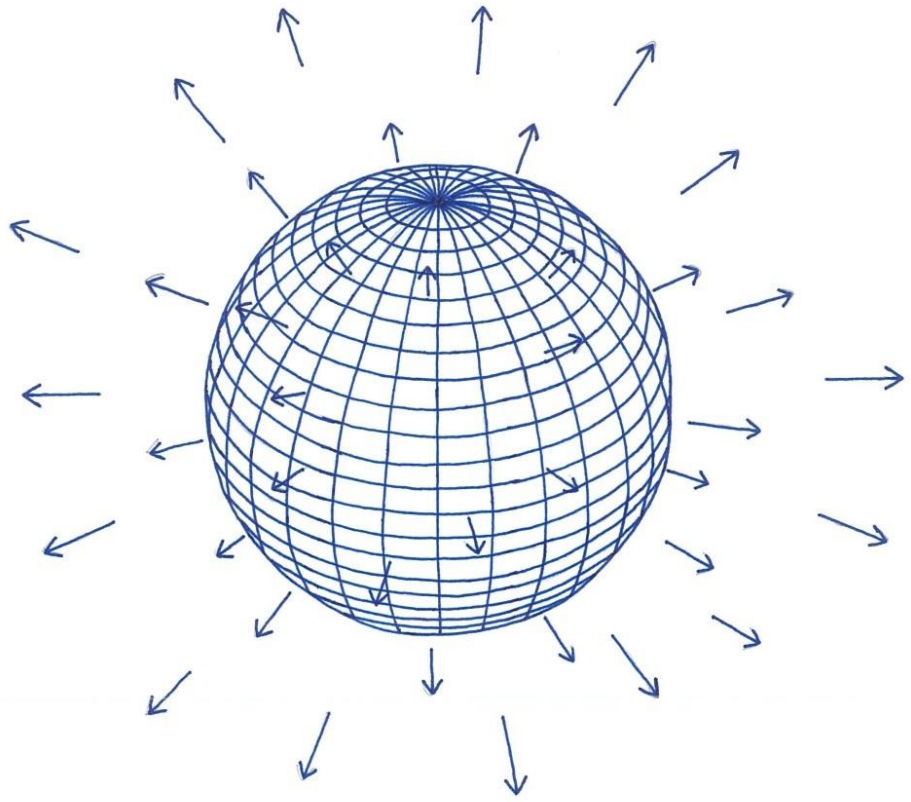
ehk saame ka seose

$$E_r = -\frac{\partial \varphi}{\partial r}$$

milles r märgib suvaliselt valitud suunda sfäärilises ruumis, mis ühtib kera raadiuse suunaga. Kui me korrutame viimase avaldise mõlemad pooled laenguga q, siis saame järgmise seose:

$$f_r = -\frac{\partial W_p}{\partial r}$$

milles f_r on elektrijõud teelõigu r suunas, ∂W_p on potentsiaalne energia ja ∂r ehk r märgib suvaliselt valitud suunda sfäärilises ehk tsentraalsümmeetrilises ruumis. Niimoodi kirjeldatakse elektrivälja vektori E või skalaari φ abil ehk nende kahe vahel on olemas seos, mis on sarnane potentsiaalse energia ja jõu omavahelise seosega. Viimane avaldis näitab üldiselt seda, et elektrijõud ja ka välja potentsiaalne energia kahanevad mõlemad välja allikast.



Joonis Vektorväli elektriliselt laetud kera ümber. Kera sees ei ole välja.

Võrrandites olev liige $-\frac{\partial}{\partial r}$ on avaldatav ka negatiivse grad-na ehk

$$-\left(i\frac{\partial}{\partial x} + j\frac{\partial}{\partial y} + k\frac{\partial}{\partial z}\right)$$

mida tähistatakse nablana ∇. See on sellepärast nii, et liige $-\frac{\partial}{\partial r}$ on vektor, mille komponendid on

$$\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \; ja \; \frac{\partial}{\partial z}$$

ja seetõttu võib avaldist

$$E_r = -\frac{\partial \varphi}{\partial r}$$

avaldada skalaari φ gradiendina järgmiselt:

$$E = -grad\varphi$$

ehk

$$E = -\left(i\frac{\partial \varphi}{\partial x} + j\frac{\partial \varphi}{\partial y} + k\frac{\partial \varphi}{\partial z}\right)$$

ehk

$$E = -\nabla\varphi$$

milles ∇ on nabla. See tähendab seda, et elektrivälja tugevus E on võrdne vastandmärgilise potentsiaaligradiendiga. Nabla- ehk Hamiltoni operaator ∇ on vektoriline diferentsiaaloperaator. See on vektor, mille komponendid on

$$\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \; ja \; \frac{\partial}{\partial z}$$

ja seega saadaksegi nablaks:

$$\nabla = i\frac{\partial}{\partial x} + j\frac{\partial}{\partial y} + k\frac{\partial}{\partial z}$$

Üksinda sellel vektoril tähendust ei ole, vaid see omandab füüsikalise mõtte ainult siis kui korrutada see nabla skalaar- või vektorfunktsiooniga. Näiteks funktsiooni gradiendi saame siis kui korrutada vektor ∇ skalaariga φ, tulemuseks on vektor:

$$\nabla\varphi = i\frac{\partial \varphi}{\partial x} + j\frac{\partial \varphi}{\partial y} + k\frac{\partial \varphi}{\partial z}$$

milles elektrivälja potentsiaal φ avaldub järgmise funktsioonina:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}$$

Välja potentsiaali kirjeldatakse diferentsiaalvõrrandiga, milleks ongi gradient ehk grad. Gradienti tähistatakse sümboliga, mida nimetataksegi nablaks:

$$\nabla\varphi = grad\varphi$$

Kuid vektori A divergentsi saame siis kui korrutada vektor ∇ skalaarselt vektoriga A, tulemuseks on skalaar:

$$\nabla A = \nabla_x A_x + \nabla_y A_y + \nabla_z A_z = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$$

Vektori rotA ühe komponendi (x) saame siis kui korrutada ∇ vektoriga A vektoriliselt, tulemuseks on vektor, mille üheks komponendiks on näiteks järgmine avaldis:

$$(\nabla A)_x = \nabla_y A_z - \nabla_z A_y = \frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z}$$

∇ on diferentsiaaloperaator. Vektorfunktsioon on mingisuguse funktsiooni φ gradient. Näiteks:

$$divgrad\varphi = \nabla(\nabla\varphi) = (\nabla\nabla\varphi) = \left(\nabla_x{}^2 + \nabla_y{}^2 + \nabla_z{}^2\right)\varphi = \frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} = \triangle\,\varphi$$

milles △ on Laplace´i operaator. Vastavalt sellele kirjeldataksegi kogu elektrivälja Poissoni võrrandi kaudu:

$$\Delta\varphi = -4\pi\rho \quad \text{ehk} \quad \text{divgrad}\varphi = -4\pi\rho$$

milles $\text{div}\vec{E} = 4\pi\rho$ ja $\vec{E} = -\text{grad}\varphi$. Elektrivälja (s.t. elektrostaatilise välja) tsirkulatsioon on null mistahes kontuuri korral:

$$\oint E_r\, dr = 0$$

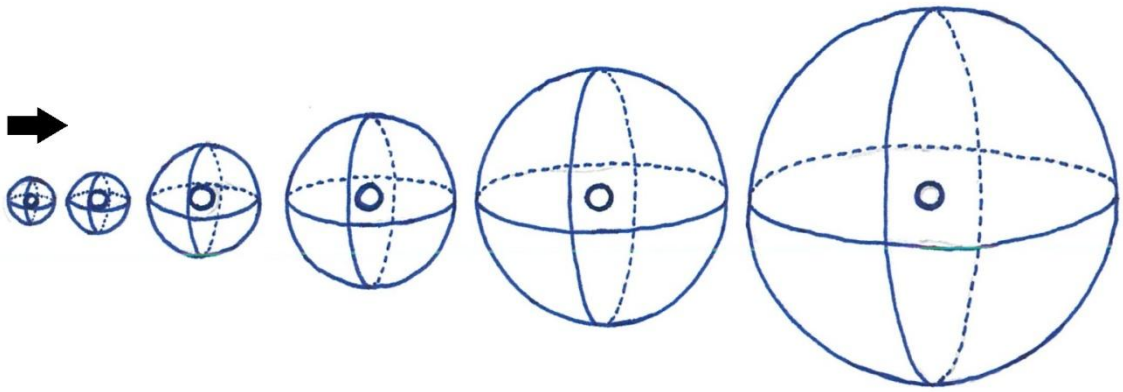
Viimane valem kehtib ainult elektrostaatilise välja jaoks ja on ka kooskõlas järgmise matemaatilise avaldisega:

$$rotgrad\varphi = (\nabla, \nabla\varphi) = (\nabla\nabla)\varphi = 0$$

Viimane avaldis tähendab seda, et vektori vektorkorrutis iseendaga on null.

Kui aga kogu kera elektrilaeng peaks korraga muutuma (suuremaks või väiksemaks), siis muutub ka laetud kera ümbritsev tsentraalsümmeetriline elektriväli (vastavalt siis tugevamaks või nõrgemaks). Kuid tugevama või nõrgema välja tekkimine kera ümbritsevas ruumis nõuab teatavat aega. See tähendab seda, et kera välja muutumise ruumilise ülekande kiirus on võrdne valguse kiirusega c. Väli ja ka välja muutus levib ruumis kiirusega c ehk kulub teatud aeg, et välja allika (antud juhul kera elektrilaengu) muutumisel muutuks ka väli teatud kaugusel kera laengust. Näiteks elektrivälja impulsi levikiirus ühtib valguse kiirusega c ehk välja muutused kanduvad üle kogu ümbritsevasse ruumi valguse kiirusega c.

Muutuva elektrivälja levik toimub magnetvälja vahendusel. Näiteks elektrivälja muutumine ühes punktis põhjustab kõigepealt muutuva magnetvälja ja selle magnetvälja muutus kutsub (elektromagnetilise induktsiooni teel) esile elektrivälja muutumise naaberpunktis. See tähendab seda, et igasugune elektri- või magnetvälja muutus levib ruumis lainena. See tekkiv laine ongi elektromagnetlaine ehk seega elektromagnetväli. Sellest järeldub omakorda see, et kera laengu muutumisega tekib „lühiajaliselt“ kerat ümbritsev „kerakujuline“ elektromagnetlaine ehk elektromagnetväli, mis eemaldub laetud kerast ehk nagu „paisuks“ kerast eemale ja mida võib tõlgendada ka footoni tõenäosuslainena ehk tõenäosusväljana.



Joonis Laetud kera elektrivälja muutumine tsentraalsümmeetrilises keravälises ruumis toimub valguse kiirusega c. Visuaalselt sarnaneb see tsentraalsümmeetrilise energiavälja muutuse „paisumisena“ ajas.

See tõenäosuslaine liigub kerast eemale ehk kerakujulise tõenäosusvälja pind nagu „paisuks“ laetud kerast eemale täpselt valguse kiirusega c.

2.2.19.10 Teadvuse ja psüühika asukoha vahetuse teooria

Väljade eraldumine, mis on aluseks inimese reaalsele kehast väljumisele pärast surma ehk teadvuse ja psüühika eksisteerimisele väljaspool surnud närvisüsteemi, sõltub peamiselt aju üldise ja lokaalse elektrilise aktivatsiooni tasemest ja seega inimese surmast. Näiteks inimese surma korral ei ole ajupiirkonnad enam elektriliselt aktiivsed. Seetõttu on neuronite laenglemised ja närviimpulside levimised närvisüsteemis määravad asjaolud väljade eraldumiseks inimese närvisüsteemist, mis oleks inimese reaalse kehast väljumise füüsikaliseks aluseks. Sellised väited ja arusaamad tuginevad järgmisele argumentatsioonile, mida esitame lühidalt ja loogilises järjekorras:

1. Eespool me tõdesime, et inimese närvisüsteemist „eralduvad“ elektromagnetlained hyperruumi just elektriliste impulsside asukohtadest. See tähendab, et elektriimpulsi tekkimise ja lakkamise (ehk selle levimise) ajal tekivad ka elektromagnetlained, mistõttu peaksid need „tekkima“ ka hyperruumi.

2. Elektriimpulsid levivad praktiliselt kõikjal inimese närvisüsteemis ehk kogu närvisüsteemi ulatuses (kõikjal kus on neuronite kehad, nende jätked ja aksonid) ning seda ajas pidevalt ehk kogu aeg. Seetõttu peaksid nendes tekkivad elektromagnetlained tekkima ka hyperruumi samuti kogu närvisüsteemi ulatuses ja peale selle peaks inimene „kiirgama“ elektromagnetlaineid ka pidevalt ehk kogu aeg (isegi elus olles). Kuid selline „kiirgamine“ ei toimu meie tajutavas ümbritsevas aegruumis, vaid sellest väljapool ehk hyperruumi dimensioonis ja seetõttu ei ole sellist „neurokiirgust“ võimalik katseliselt tuvastada.

   Kuna inimene peaks „kiirgama“ elektromagnetlaineid hyperruumi pidevalt ehk kogu aeg (isegi elus olles), kuid sellist „neurokiirgust“ ei ole võimalik katseliselt tuvastada, siis seega võib see seletada kunagi ka inimese telepaatia ja selgeltnägemise võime teadusliku olemuse.

3. Inimese närvisüsteemist „eralduvad“ elektromagnetlained hyperruumi just elektriliste impulsside asukohtadest, kuna elektriimpulsi levimise ajal tekivad nendes ka elektromagnetlained, mistõttu peaksid need „tekkima“ ka hyperruumi.

   See tähendab, et kui hyperruumi tekkivad elektromagnetlained on seotud inimese ajus tekkivate elektriimpulssidega ja need samad impulsid on omakorda seotud ajusagedusega ehk ajulainetega, siis seega hyperruumi tekkivad elektromagnetlained peavad olema samuti seotud ka ajusagedusega ehk ajulainetega.

4. Inimene peaks „kiirgama“ elektromagnetlaineid pidevalt ehk kogu aeg (isegi elus olles), kuid mitte meie tajutavas ümbritsevas aegruumis, vaid sellest väljapool ehk hyperruumi dimensioonis ja seetõttu ei ole sellist „neurokiirgust“ võimalik katseliselt tuvastada.

5. Siinkohal võib tekkida õigustatud küsimus, et kui juba elus olles tekivad inimese ajus elektromagnetlained, mistõttu peaks neid tekkima ka hyperruumis ehk väljaspool aegruumi, siis peaks inimese kehast väljumine avalduma ka siis, kui inimene on elus, mitte surnud. Kuid inimese kehast väljumist sellisel juhul siiski ei esine.

Eespool me tõdesime, et elektromagnetlained tekivad ka neuronite laenglemiste tulemusena ja närviimpulsside levimise tõttu närvisüsteemis, mistõttu peaksid elektromagnetlained tekkima hyperruumi ka siis, kui inimene on elus ja tema aju funktsioneerib täiesti normaalselt. See tähendab, et kehast väljumine peaks esinema ka siis, kui inimene on elus ja terve, mitte ainult siis, kui ta satub surmaeelsesse olekusse või üldse surma seisundisse.

Elektromagnetlained peaksid tekkima hyperruumi ka inimese närvisüsteemi normaalse funktsioneerimise korral. See tähendab, et inimese kehast väljumine peaks avalduma ka elus olles, kuid sellegipoolest seda siiski ei esine. See tähendab, et kehast väljumist ei esine närvisüsteemi normaalse funktsioneerimise korral, kuigi tegelikult peaks.

6. Kuna elektromagnetlained tekivad ka närvisüsteemi normaalse funktsioneerimise korral, siis seega võib sellest järeldada, et kehast väljumist esineb tegelikult ka siis, kui inimene on elus ja terve, kuid seda ei ole võimalik teadvustada. See tähendab seda, et elus olles „kiirgab“ inimese närvisüsteem elektromagnetlaineid hyperruumi, kuid seda inimene ise ei teadvusta. Selle mitte teadvustamine tuleneb otseselt sellest, et inimese aju funktsioneerib normaalselt ehk neuronid laenglevad ja närviimpulsid levivad mööda aksoneid, mistõttu teadvus ja psüühika esinevad sellisel juhul ajustruktuurides. Teadvuse ja psüühika tekkimine väljaspool närvisüsteemi on sellisel juhul samuti võimalik, kuid seda inimene ise ei koge ja seetõttu pole see ka oluline. See tähendab, et kui inimese närvisüsteem on normaalses funktsioneerimises, siis seega närvisüsteemivälist eksisteerimist ei teadvustata ehkki kehaväline eksisteerimine võib tegelikult olemas olla. Ajustruktuuride elektriline aktiivsus ongi see, mis „ei lase“ teadvustada kehavälist olekut. Siinkohal ei mõelda illusionaarset kehavälist kogemust, vaid ikka reaalset kehavälist kogemust.

7. Närvisüsteemi normaalse funktsioneerimise korral ei teadvusta inimene kehavälist eksisteerimist. Kui aga aju elektriline aktiivsus on lakanud näiteks südameseiskumise tagajärjel, siis inimese närvisüsteem ei kiirga enam elektromagnetlaineid hyperruumi. Neuronite elektrilise laenglemise lakkamise ja seega elektriimpulsside mittelevimise korral ei esine ajus enam elektromagnetlaineid, mistõttu ei teki neid ka hyperruumi. Sellisel juhul ei ole inimese ajus enam teadvust ega psüühilist tegevust. Kui enne närvisüsteemi elektrilise aktiivsuse lakkamist kiirgab inimene oma viimaseid elektromagnetlaineid hyperruumi, siis võib sellest oletada, et inimese teadvus ja psüühika avalduvad sellisel juhul juba kehavälises olekus ehk hyperruumi kiirgunud viimaste elektromagnetlainete väljas. See tähendab, et inimene teadvustab kehavälist eksisteerimist ainult siis, kui närvisüsteemi elektriline aktiivsus on täielikult või suuremalt jaolt lakanud. Ajustruktuurides lakanud elektriline aktiivsus „ei sega“ inimest enam teadvustamast kehavälisest eksisteerimisest. See tähendab ka seda, et teadvuse ja psüühilise tegevuse kehaväline eksisteerimine võib avalduda ainult inimese närvisüsteemi elektromagnetlainete kiirgamise „viimases faasis“, s.t. vahetult enne kiirgamise täielikku lakkamist.

8. Elus olles „kiirgab“ inimese närvisüsteem elektrilise aktiivsuse tõttu elektromagnetlaineid hyperruumi sarnaselt nii nagu elektripirn kiirgab valgust tavaruumi. See protsess on ajas pidev. Sellisel juhul ei teadvusta inimene hyperruumi sattuvat kiirgust ja seega ka kehavälist eksisteerimist. On alust arvata, et kui närvisüsteemi elektriline aktiivsus hakkab lakkama, siis see põhjustab inimese teadvustamist kehavälisest eksisteerimisest. Näiteks kui ajustruktuurides ei esine enam elektrilist aktiivsust või seda on väga vähesel määral võrreldes normaalse ajuaktiivsusega, siis seega inimese ajus ei esine ka teadvust ega psüühilist tegevust. Kuid vahetult enne ajustruktuuride elektrilise aktiivsuse lakkamist kiirgas aju hyperruumi oma

„viimaseid“ elektromagnetlaineid (s.t. viimast korda), mistõttu võib teadvus ja psüühiline tegevus „jätkuda“ hyperruumi kiirgunud elektromagnetlainete väljas. See tähendab seda, et kui ajus olev elektriline aktiivsus lakkab (põhjustamaks ka inimese teadvuse ja psüühilise tegevuse lakkamist) ning närvisüsteemist kiirgunud elektromagnetlainete väljas saab eksisteerida teadvus ja psüühiline tegevus, siis seega võivad need asjaolud põhjustada inimese teadvustamist kehavälisest eksisteerimisest pärast närvisüsteemi elektrilise aktiivsuse lakkamist.

9. Kui ajustruktuurides esineb sellist elektrilist aktiivsust, mida saab võrrelda normaalse ajuaktiivsusega, siis seega võib inimese ajus esineda teadvus ja psüühiline tegevus. Seetõttu ongi ajustruktuurides esinev elektriline aktiivsus see, mis „ei lase“ teadvustada reaalset kehavälist olekut ehkki seda võib tegelikkuses eksisteerida. Kui ajus olev elektriline aktiivsus lakkab (põhjustamaks ka inimese teadvuse ja psüühilise tegevuse lakkamist) ning närvisüsteemist kiirgunud elektromagnetlainete väljas saab eksisteerida teadvus ja psüühiline tegevus, siis seega võivad need kaks asjaolu põhjustada inimese teadvustamist kehavälisest eksisteerimisest pärast närvisüsteemi elektrilise aktiivsuse lakkamist. Piltlikult tähendab see seda, et teadvus ja psüühika „vahetavad oma asukohta“: ajus esinemise asemel esinevad need nüüd hyperruumis eksisteerivas elektromagnetlainete väljas, kuna esimene variant on nö. „välja lülitatud“. Ajustruktuurides esinev elektriline aktiivsus võib lakata eksisteerimast, mistõttu lõpeb ka närvisüsteemi elektromagnetlainete kiirgamine hyperruumi, kuid närvisüsteemist kiirgunud elektromagnetlainete väli, mis eksisteerib hyperruumis, ei lakka eksisteerimast.

   Inimese teadvus ja psüühiline tegevus esineb siis kui ajus eksisteerib elektriline aktiivsus. Elektriline aktiivsus, mida nimetatakse vahel ka „bioelektriks“, seisneb neuronite laenglemises, mida põhjustavad elektriimpulside levimised mööda närvikiude, näiteks mööda aksoneid ja dendriite. Bioelekter on selline elekter, mis esineb elusorganismides või mida tekitavad elusorganismid. Nüüdisaegne neuroteadus on tõestanud, et inimese teadvus ja psüühiline tegevus on seotud eelkõige laenglevate neuronite omavaheliste elektromagnetliste interaktsioonidega, mitte niivõrd neuronite bioloogiliste protsessidega. Neuronite bioloogilisteks protsessideks võivad olla närviraku sisesed protsessid või isegi sünapsites toimuvad keemilised reaktsioonid. Elektromagnetiliste interaktsioonide struktuurid miljonite laenglevate neuronite vahel on äärmiselt keerulised, mitmekesised, muutlikud, spetsiifilised ja varieeruvad, mistõttu teadvust ja psüühilist tegevust tagavaid interaktsioone on peaaegu võimatu avastada ja uurida. Kuid kindel on see, et inimese teadvus ja psüühiline tegevus avaldub nendes interaktsioonides.

      Aju neuronaalsete protsessidega kaasnevad inimese subjektiivsed kogemused. Näiteks tekib inimesel “valutunne” parajasti siis, kui ta kõrvetab oma näpud ära ja selle tagajärel liiguvad teatud ärritused teatud ajupiirkonda, kus neid töödeldakse. Sellisteks inimese vaimuseisundite elamussisudeks nimetatakse kvaalideks. Kvaale on nimetatud ka fenomeniliseks teadvuseks. Valu tunne on C-kiudude aktivatsioon. See tähendab seda, et valu, kui eriline teadvuse kvaliteet ja närvirakkude ehk neuronite teatud elektrilised nähtused on üks ja sama. Elektrilised nähtused ja teadvusilmingud (s.t. hingeseisundid) on üks ja sama.

   Kuna elektromagnetlained „eralduvad“ inimese närvisüsteemist ka elus olles, mitte ainult vahetult enne surma, siis seega „kiirgab“ inimene elektromagnetlaineid hyperruumi pidevalt. Sellist nähtust võime nimetada „neurokiirguseks“. Sellisel juhul on inimese reaalne kehast väljumine ehk teadvuse ja psüühilise tegevuse eraldumine

inimese ajust neurokiirguse erivorm või selle lõppfaas. Näiteks kui kiirgamine lõpeb inimese suremise tõttu, siis esinebki kehast väljumine. Kehast väljumist ei esine kiirgamise ajal ehk närvisüsteemi normaalse talitluse käigus.

10. Eespool me väitsime, et ajuaktiivsuse lakkamise korral „vahetavad“ inimese teadvus ja psüühika „oma asukohta“: ajus esinemise asemel esinevad need pärast ajuaktiivsuse lakkamist hyperruumis eksisteerivas elektromagnetlainete väljas, kuna esimene variant on nö. „välja lülitatud“. Ajustruktuurides esinev elektriline aktiivsus võib lakata eksisteerimast, mistõttu lõpeb ka närvisüsteemi elektromagnetlainete kiirgamine hyperruumi, kuid närvisüsteemist kiirgunud elektromagnetlainete väli, mis eksisteerib hyperruumis, ei lakka eksisteerimast. Seetõttu saabki inimene sellisel juhul teadvustada kehavälist olekut. Kuid siinkohal saab märkida ka seda, et see kehtib ka vastupidisel juhul, mis küll ei tõendaks otseselt sellist teadvuse ja psüühika asukoha vahetust, kuid annab sellisele arusaamale usutavust juurde. Näiteks kui inimese ajuaktiivsus peaks uuesti tööle hakkama pärast kliinilise surma seisundit, siis võib inimene tulla uuesti teadvusele niiöelda oma bioloogilises kehas ja seejuures mäletada oma kehaväliseid kogemusi. See tähendab seda, et hyperruumis eksisteeriva elektromagnetlainete välja asemel esinevad inimese teadvus ja psüühika nüüd taas ajustruktuurides, kuna ajuaktiivsus kui selline „variant“ ei ole enam „välja lülitatud“. Aju on nüüd uuesti tööle hakanud. Inimese kehast väljumise füüsikateooria ei kirjelda närvikoest „eraldunud“ väljade „taasühinemist“ närvikoega, mille korral võiks seda tõlgendada kehavälisest olekust tagasi bioloogilisse kehasse tulemisena. Põhjus seisneb selles, et hyperruumi „eraldunud“ väljad lihtsalt ei saagi enam tagasi tulla aegruumis eksisteerivatele laengutele või väljadele, mis oli nende tekkimiste allikaks. Sellist võimalust nüüdisaegne füüsikateadus ei tunne. Küll aga saab „teadvuse ja psüühika asukoha vahetuse“ teooriaga ära seletada inimese kehavälisest olekust tagasi tulemist bioloogilisse kehasse. See võimaldab ka mälestuste säilimist kehavälisest olekust. Näiteks pärast kliinilist surma tulevad inimesed taas teadvusele ja räägivad meditsiinilisele personalile oma üleelamistest, mis oli juhtunud kehavälises olekus. Seega nad mäletavad oma surmalähedasi kogemusi.

    > Teadvus ja psüühika ei ole üks ja sama. Psüühika on laiem mõiste kui teadvus. Võib väita nii, et teadvus, mälestused ja ka tähelepanu on psüühika osad. Psüühika on kõige laiem mõiste defineerimaks inimese käitumist ja selle põhjusi. Psüühikat uurib psühholoogia, kuid teadvust uurib teadvuseteadus, mis on psühholoogia osa. Kunagi arvati, et teadvus ja tähelepanu on üks ja sama, kuid ka need on tegelikult eraldi seisvad psüühika osad ehkki üksteisega tihedalt seotud.

11. Kuna inimese närvisüsteemist peavad eralduma just need väljad, mille tekitavad miljonid elektriimpulsid üle kogu närvisüsteemi, siis seega peab inimese reaalne kehast väljumine toimuma enne kooma, kliinilise surma või ajusurma seisundi saabumist. Kooma ja surma seisundi korral on elektriimpulsid lakanud olemast inimese ajus. Siinkohal mõeldakse sellist kehast väljumist, mille korral inimene ka teadvustab kehavälist eksisteerimist. Selline kehast väljumine saab toimuda ainult inimese aju normaalse funktsioneerimise ja ajusurma vahepealses staadiumis ehk aju suremise faasis, mitte siis kui on juba saabunud ajusurm. Suremise faasis ei ole inimene enam teadvusel ja erinevate ajupiirkondade tööd hakkavad üksteise järel lakkama. Kui inimene on kooma või kliinilise surma seisundis, siis ei toimu enam mingit kehast väljumist. Selleks ajaks on see juba toimunud.

    Väljade eraldumine närvisüsteemist hyperruumi saab toimuda ainult neuronite laenglemiste ja liikuvate elektriimpulside arvelt, kuna näiteks laenglevate neuronite vahelises ruumis eksisteerivad elektriväljad. See tähendab seda, et ainult neuronite

laenglemistega ja liikuvate elektriimpulssidega tekitatud väljad võivad „eralduda“ ajust, sest näiteks kliinilises surmas ehk aju puhkepotentsiaali seisundi ajal neuronid enam ei laengle ega levi närviimpulsse ning seetõttu ei eksisteeri neuronite vahelises ruumis enam väljasid. Füüsikast on teada, et välja allika kadumisega hakkab koheselt lakkama ka väli ise.

12. Tuleb rõhutada, et inimese kehast eraldumine ei toimu kooma või kliinilise surma ajal, mille korral ei esine ajus enam mingeid globaalseid aktivatsioone (välja arvatud lokaalsed aktivatsioonid), vaid see toimub vahetult enne seda. Vahetult enne surma eksisteerivale kõrgsageduslikule ajuaktiivsusele järgneb tavaliselt ajusurm. See lubab oletada, et ajusurm põhjustab inimese kehast väljumise ehk teadvuse ja psüühilise tegevuse ilmnemist kehavälises olekus, mitte niivõrd kõrgsageduslik ajuaktiivsus.

    Vahetult enne ajusurma tekib ajus lühikeseks ajaks kõrgsageduslik aktiivsus, mille korral eralduvad väljad ajust hyperruumi peaaegu üheaegselt ehk väga väikeste ajaintervallide vahedega. Kuid ei saa väita, et selle tulemusena oleksid eraldunud väljad üksteisega kuidagi rohkem funktsionaalselt seotud, mis põhjustaks inimese teadvuse esinemist selles eraldunud väljade süsteemis. Väita saab seda, et ajuaktiivsuse lakkamine põhjustaks inimese teadvuse esinemist hyperruumi eraldunud väljade süsteemis, kuna ajus olevad väljad on lakanud eksisteerimast.

13. Peaaegu kõikidel meditsiinilistel juhtudel, mille korral esinevad surmalähedased kogemused, ei mäleta patsiendid oma kehast „eraldumise“ tunnet. Enamasti mäletatakse seda, et alguses (vahetult enne surma) piineldakse hirmsate valude käes, mida vigastatud inimese keha põhjustab, ja pärast seda tuntakse äkki, et ollakse oma enda kehast lahus. Kehavälise olekuga kaasneb imeline kaalutuse tunne ja erakordne võimalus reaalselt oma keha eemalt näha. Sellest võib järeldada, et inimene eraldub oma kehast teadvusetus seisundis ehk eraldumine toimub teadvusetus seisundis. See tähendab seda, et kehast eraldumise hetkel on teadvus lakanud eksisteerimast ja see hakkab taas eksisteerima alles kehast lahus olles, kui inimene tunneb ennast äkki kehast lahus olevana. Võib öelda, et enne kehast väljumist on inimene väga väikese aja jooksul surnud, kuid „taas elustub“ kehavälises olekus. See tähendab, et kehalise ja kehavälise oleku vahel on inimene reaalselt ajutiselt surnud.

Ajupiirkondade elektrilise funktsioneerimise tulemusena tekivad neuronite väljades muutused, mille tagajärjel tekivad elektromagnetlained. Need lained ei levi ruumis (s.t. vaakumis) iseseisvalt edasi, kuid nende tekkimise tõttu peavad need tekkima ka hyperruumis. See tähendab, et kogu inimese eluea jooksul (sünnist surmani) kiirgab närvisüsteem elektromagnetlaineid hyperruumi. Selles mõttes eksisteerib ümber inimese keha (kaasaarvatud ka aju) füüsikaline energiaväli, mis pole aegruumis tuvastatav ega mõjutatav, kuid hyperruumis on see olemas. Kui neuronite võrgustike ühendused võivad lakata, siis elektromagnetlainete eksisteerimised hyperruumis ei lakka mitte kunagi, mistõttu ei lakka ka nende omavahelised seosed hyperruumis. Seetõttu võib öelda, et kui ajus võivad psüühika ja teadvus kaduda neuronite võrgustike ühenduste nõrgenemise või sootuks lakkamise tõttu, siis inimest ümbritsevas energiaväljas seda ei juhtu. Kui inimene sureb ja leiab ennast äkki kehavälises olekus, siis tegelikult on inimese teadvus niiöelda „ärganud“ selles energiaväljas, mis ümbritses eluajal inimest.

Surmalähedased kogemused on näidanud, et kui inimene on langenud kliinilise surma seisundisse, siis võib inimesel esineda kehavälised kogemused. Kliinilise surma korral lakkab inimesel südame töö tegevus. Sellest võib jääda ekslik mulje, et südame seiskumine oleks kuidagi kehast väljumise tegelikuks vallandajaks. See aga ei ole õige tõlgendus, kuna südamel on teine roll.

Südame rütmilise töö tulemusena pumbatakse verd inimese kõikidesse keha osadesse, mille tagajärjel on inimese närvisüsteem elektrilises aktiivsuses. Näiteks erinevad ajupiirkonnad on aktiivsuses ehk seda läbivad miljardid närviimpulsid. Neuronipopulatsiooni elektriline aktiivsus ehk

laenglemine ja närviimpulsside levimine on omavahel seotud. Kui aga südame töö täielikult seiskub, siis seega lõpeb ka närvisüsteemis olev elektriline aktiivsus ehk toimub miljardite närviimpulsside liikumise lakkamine närvisüsteemis, sest ajus olevate neuronite laenglemine ehk aktiivsus on enamasti seotud verevarustuse suurenemise ja (glükoosi) ainevahetuse kiirenemisega, kuid mitte alati. Südame seiskumise tagajärjel jääb seisma ka organismi vereringe.

Kui mingisugune ajupiirkond elektriliselt aktiveerub, siis seda piirkonda tabab hapnikurikas veri. See tähendab seda, et mingisuguse ajupiirkonna aktiivsuse taga on ajurakkude hapnikutarbimine. Vere magnetilised omadused sõltuvad vere hapnikusisaldusest. Aktiivsetesse ajupiirkondadesse tulvab hapnikurikas veri. Seetõttu näitavad vere magnetilised omadused ajupiirkondade aktiivsuse ja ainevahetuse erinevusi.

Inimese kehast väljumise vallandajaks on eelkõige ajustruktuuride elektrilise aktiivsuse lakkamine. Kuna südame seiskumise tagajärjel võib ajuaktiivsus samuti lakata, siis seega võiks sellest järeldada, et südame töö lakkamine oleks kehast väljumise vallandajaks. Kuid see ei ole siiski õige tõlgendus, kuna ajuaktiivsuse lakkamist võib põhjustada ka mingi muu meditsiiniline trauma kui südame töö seiskumine.

2.2.19.10.1 Seosed ja paralleelid transhumanistide teooriast

Inimese kehast väljumise korral teadvustab inimene oma kehavälist eksisteerimist alles pärast ajuaktiivsuse lakkamist. See tähendab seda, et närvisüsteemi kiirgamine hyperruumi elu aja jooksul võimaldab ajuaktiivsuse lakkamise korral teadvusel eksisteerida kehavälises olekus. Sellisel juhul vahetab inimese teadvus füüsilist keha, mille korral eksisteerib inimene bioloogilise keha asemel ainult elektromagnetlainetena. Kuid „kehade vahetus“ ei ole teaduses tegelikult üldsegi uus nähtus. Näiteks arvatakse, et aju külge kinnitatud kiibid või implantaadid võimaldaksid inimesel õppida ja omandada uusi oskusi ja võimeid palju kiiremini ning vähem vaevarikkamalt. Kui inimese aju kinnitada mehhaniseeritud keha külge ehk ühendada omavahel aju ja roboti keha, võib inimene elada palju kauem ja ta võib omada suuremat füüsilist jõudu. Kui aga inimese aju sisemus laadida arvuti kõvakettale, siis võib inimene üldse elada igavesti. Seetõttu saab luua ilmselgeid paralleele inimese kehast väljumise ja ulmeromaanides tuntud inimese kehade vahetuste vahel. Järgnevalt kirjeldamegi ja analüüsimegi ühte seost põhjalikumalt, kuna see annaks kehast väljumise mõistmisele palju juurde.

Kui me saaksime kopeerida kogu oma aju sisemuse arvuti kõvakettale, siis transhumanistide teooria järgi saaks meie teadvus elada niimoodi igavesti. Seda võimaldaks selline aju skaneerimise tehnoloogia, mis suudaks jälgida iga üksiku neuroni suhtlemist teiste neuronitega. Kogu selle andmehulga oleks võimalik salvestada arvutisse, mis võimaldaks luua inimese aju simulatsioon. Sellisel juhul saaks arvutis luua inimese teadvuse, mis saaks eksisteerida nii kaua nagu eksisteerivad arvutid või interneti võrk.

Seda nimetatakse teadvuse üleslaadimise kontseptsiooniks, mille korral suudetakse inimese teadvus üle viia bioloogilisest kehast sünteetilisse riistvarasse. Selline kontseptsioon sai alguse intellektuaalsest transhumanismi liikumisest. Tuntumad toetajad on näiteks arvutiteadlane Ray Kurzweil, filosoof Nick Bostrom ja neuroteadlane Randal Koene. Nad usuvad, et selline võimalus võimaldaks inimestel palju kauem eksisteerida, võib olla isegi igavesti. Teadvuse üleslaadimise teostatavus põhineb kolmel põhihüpoteesil: tehnoloogia, kunstliku teadvuse ja ellujäämise hüpoteesil. Tehnoloogia hüpotees põhineb sellel, et tulevikus arendatakse välja tehnoloogia, mis üldse võimaldaks teadvuse üleslaadimist arvuti kõvakettale. Kunstliku teadvuse hüpoteesi järgi tekib simuleeritud kunstlikus ajus tõepoolest inimese tõeline teadvus. Ellujäämise hüpoteesi järgi on isik, kes on loodud tehnilise protsessi käigus, tõepoolest „mina“.

Inimese aju on teadaolevas Universumis kõige keerulisem struktuur. Aju koosneb 86 miljardist

neuronist ja 85 miljardist mitte-neuronaalsest rakust. Närviühendused võivad ulatuda umbes ühe miljoni miljardini. Võrdluseks võib tuua selle, et näiteks Linnutee galaktikas on umbes 200 miljardit tähte. Äädikakärbse vastsel on näiteks umbes kolm tuhat neuronit ja 500 tuhat närviühendust. Võrreldes hiire ajuga on inimese aju umbes tuhat korda keerulisem. Inimese aju on kogu Universumi kõige keerulisem struktuur. Näiteks närviühendusi on kordades rohkem kui tähti Linnutee galaktikas.

Staatilise ajukaardi loomine ja töötava aju simuleerimine ei ole üks ja sama. Näiteks töötava aju simulatsiooni korral oleks võimalik jälgida üksikute neuronite tegevust reaalajas.

Kunstliku teadvuse hüpoteesi probleem seisneb selles, et kui tihedalt oleme oma kehaga seotud. Näiteks kui luua meie aju täpne simulatsioon, siis kas see võimaldaks tekitada teadvustatud meele eksisteerimise võrreldes „mina-ga“ meie bioloogilises kehas. Selline probleem sisaldab endas teadvuse ja keha vahelist seost. Üks tuntumaid keha ja vaimu teemalisi filosoofe läbi aegade oli 17. sajandi filosoof Rene Descartes. Tema arvates oli mõistus ja keha täiesti erinevad substantsid. Selline vaade ei ole tänapäeval enam adekvaatne, kuna paljude akadeemiliste filosoofide arusaama järgi on mõistus meie aju ehk seega midagi füüsilist. Transhumanistide järgi oleks võimalik aju simulatsiooni kaudu tekitada tõelise „mina“ mõistuse hoolimata sellest, et tegemist on ainult simulatsiooniga.

Kaasaaegse kognitiivse teaduse arusaamade järgi tekitab meie teadvuse aju ülikeeruline närvistruktuur, mitte niivõrd aju bioloogiline aine nagu näiteks rasv ja vesi. Aju simulatsioon matkib meie aju keerulist struktuuri. Kuna aju kopeeritakse simulatsioonina arvutisse, siis seega on igasuguse simuleeritud neuroni ja närviühenduse jaoks tarvis vastavat arvuti riistvara osa. Simuleeritud aju matkib bioloogilise aju struktuuri, mistõttu matkib ka inimese teadvust.

Ellujäämise hüpoteesi probleem seisneb selles, et kas meid on pärast üks või kaks. Näiteks kui arvuti riistvarasse oleks üleslaetud inimese aju ja seeläbi ka teadvus, mis eksisteeriks arvutis simulatsioonina, siis kas selline „inimene“ oleks tõesti „mina“ või tegemist oleks „vaimse klooniga“, mis lihtsalt mõtleb samamoodi?

Selline küsimus esineb tegelikult ka filosoofias tuntud paradoksis: miks on inimene, kes hommikul voodist üles tõuseb ja eelmisel õhtul magama läks, üks ja sama inimene? Sellele on peamiselt kaks erinevat vastust. Näiteks mõned filosoofid usuvad, et inimene, kes hommikul üles tõuseb ja kes eelmisel õhtul magama heitis, on bioloogiliselt ühe ja sama kehaga: neil „kahel“ on üks ja sama bioloogiline keha. Seda nimetatakse bioloogiliseks seletuseks. Kuid suurem osa filosoofe usub, et seletuse võti seisneb tegelikult meie mõistuses. Näiteks hommiku-minal ja õhtu-minal on täpselt samasugused vaimse eluga seonduvad iseloomujooned. Näiteks hommikul üles ärgates mäletab inimene eelmise õhtu tegevusi, samuti on näiteks tõekspidamised, lootused ja iseloomuomadused täpselt samasugused. Selline seletus sarnaneb bioloogilise seletusega, erinevus seisneb ainult selles, et bioloogilise keha asemel jääb samaks vaimse eluga seonduvad iseloomujooned. See viitab omakorda sellele, et bioloogiline keha võib olla siiski erinev.

Hommiku-mina ja õhtu-mina paradoksi saab üle viia ka kehast väljumise nähtusele: miks on inimene, kes eksisteerib bioloogilises kehas ja kehavälises olekus, üks ja sama inimene? Sellele küsimusele saab olla ainult üks vastus. Inimene, kes eksisteerib bioloogilises kehas ja kehavälises olekus, ei ole ühe ja sama kehaga: neil „kahel“ on erinevad kehad. Üks on biloogiline keha, milles esineb närvikude, kuid teine keha on valgusest, milles esinevad ainult elektromagnetlained. Sellisel juhul saab seletuse võti seisneda ainult meie mõistuses. Näiteks nö. bioloogilisel-minal ja valguse-minal oleksid täpselt samasugused vaimse eluga seonduvad iseloomujooned. Näiteks kehavälises olekus mäletab inimene selliseid tegevusi, mis sooritati bioloogilises kehas olles. Samuti on näiteks tõekspidamised, lootused ja iseloomuomadused täpselt samasugused. Selline seletus sarnaneb eespool esitatud bioloogilise seletusega, erinevus seisneb ainult selles, et bioloogilise keha asemel jääb samaks vaimse eluga seonduvad iseloomujooned. See viitas omakorda sellele, et bioloogiline keha võib olla siiski erinev, mida me nüüd kehast väljumise korral näemegi.

Kui me oletame, et ühe inimese aju siirdatakse teise inimese aju koljusse, mis oli eelnevalt tühi, siis tekib eelnevaid seoseid arvestades ilmselt kaks võimalust. Näiteks mõistuse pooldajad usuvad, et siirdatud ajuga inimene on täpselt sama inimene, kellelt aju siirdati. Sellepärast, et mälestused, eelistused ja isiksus kanduvad aju siirdamisega edasi ja seetõttu on tegemist sama inimesega ehkki

keha on erinev. Kuid bioloogilise seletuse pooldajad usuvad, et siirdatud ajuga inimese isiksus on hoopis oma keha annetanud inimese isiksus.

Selline keha ja vaimu probleem seisneb selles, et kas esimene inimene sai uue keha või teine inimene sai hoopis uue meele?

Vastus sellele küsimusele peitub tõenäoliselt mõlemas variandis. Kuna ajus on talletatud inimese kõik mälestused, tunded, iseloomujooned ja kogu isiksus, siis seega aju siirdamist teise inimese kehasse võib tõepoolest tõlgendada uue keha saamisena. Kuid samas, teise inimese keha sai omale uue aju, millega kaasneb ka uute mälestuste, iseloomujoonte ja seega uue isiksuse tekkimine. Selle järgi saab kehtida ka selline tõlgendus, et inimese keha sai aju siirdamise tõttu omale uue meele ehk seega uue isiksuse. See tähendab seda, et mõlemad variandid saavad kehtida samaaegselt. Seda nimetatakse teaduses dualistlikuks lähenemiseks, mis esineb ka mujal teaduses. Näiteks kvantmehaanikas esineb osakese ja laine dualistlikkus, mille korral kirjeldatakse osakesi ka lainetena. Tundub, et selline dualistlik iseloom esineb ka eespool kirjeldatud keha ja vaimu probleemi lahendamise korral.

Kui me oletame, et inimese aju laaditakse arvutisse, mille tagajärjel tekib arvutis inimese aju simulatsioon koos isiksuse ja teadvusega, kuid bioloogilise inimese teadvus jääb sellegipoolest kestma. Sellisel juhul tekibki kaks „mina“: üks bioloogilisel kujul ja teine simuleeritud kujul. Simuleeritud kujul oleks tegemist klooniga ehkki see „asub“ arvuti riistvaras. See tähendab, et üleslaaditud variant oleks bioloogilise meele vaimne koopia. Filosoofid kahtleksid, et kas bioloogilise keha hävimise korral jääks inimene üleslaadituna ellu. See tähendab seda, et kui bioloogiline keha ja seega bioloogiline meel sureks, siis inimene ei ärka kuidagi võluväel ellu simuleeritud ajus ehkki meeled on täpselt üks ja sama. Neid eristab füüsiline asukoht aegruumis. Mõned üksikud filosoofid väidavad, et see võib siiski tõsi olla.

> Näiteks Robert Nozicki (1938 – 2002) oli angloameerika analüütilises traditsioonis üks olulisemaid ja mõjukamaid poliitilisi filosoofe. Tema panus isikliku identiteedi üle peetavasse aruteludesse oli tema "lähima jätkaja" teooria, mis on esitatud ka kirjandusteoses "Filosoofilised seletused". Filosoofilised mõistatused isikliku identiteedi üle tekivad erinevatest veidratest mõtteeksperimentidest, mis näivad pakkuvat tõelisi loogilisi võimalusi. Näiteks on olemas Locke'i kuulus näide printsist ja kingsepast, mille korral näivad ühel hommikul kingsepa kehas ärganud mehel olevat kõik printsi mälestused, kuid mitte ühtegi kingsepa enda mälestust. Kes siis on mees kingsepa kehas: prints või kingsepp ise? On olemas ka teisi näiteid. Näiteks võime ette kujutada inimest A, kes astub ulmeromaanides kirjeldatud teleportatsioonimasinasse. Mõne imeväikese rikke tõttu ilmub kohta, kuhu masin pidi isiku A saatma, mitte üks, vaid kaks A-ga sarnast inimest, kes nimetavad ennast vastavalt B-ks ja C-ks. Milline on siis “päris” A või pole seda kumbagi?
>
> Nozicki vastus sellistele küsimustele seisneb selles, et isiku A-ga on tõeliselt identne “hilisem” inimene, kes "kõige lähemalt jätkab" varasemat. See, mis selles kontekstis läheduseks loetakse, seisneb järgnevas. Näiteks kui võtta psühholoogilised omadused isiksuse seisukohalt olulisemateks kui kehalised, oleks Locke’i näitel printsi lähim jätkaja mees, kes ärkab kingsepa kehas, kuigi tal pole printsi kehalisi omadusi. Sellisel juhul võib printsi surnukeha veel eksisteerida, milles võib omakorda eksisteerida kingsepp ise. Kui aga võtta selle asemel tähtsaimaks kehalised omadused, oleks printsi lähim jätkaja printsi kehas olev isik, olenemata sellest, millised mälestused sellel inimesel on, kui üldse. Võib öelda, et mõlemal juhul määrab Robert Nozicki arvates isiku A-ga kõige lähedasemaks seovaks asjaoluks inimese enda enesekäsitus, see, mida inimene ise peab oma identiteedi jaoks kõige olulisemaks.
>
> Kuid mis saab juhul, kui kaks või enam isikut tunduvad olevat varasema inimesega võrreldes võrdselt lähedased jätkajad, nagu teleportatsiooni näites? Siin on Nozicki

seisukoht, et viimasel juhul ei ole B ega C identsed A-ga – kuna puudub üksainus lähim jätkaja – ja seega A-d enam ei eksisteeri. Kui oleks ainult üks inimene saabunud kohta, kuhu masin pidi A saatma, oleks A kindlasti jätkanud. Sellest järeldatakse, et isiklik identiteet sõltub osaliselt inimese enda jaoks välistest teguritest.

Kui me oletame, et inimene väljub oma kehast, mille tagajärjel tekib ajust eraldunud elektromagnetlainete väljas inimese aju simulatsioon koos isiksuse ja teadvusega, kuid bioloogilise inimese teadvus jääb sellegipoolest kestma, siis sellisel juhul tekiks samuti kaks „mina“: üks bioloogilisel kujul ja teine simuleeritud kujul. Simuleeritud kujul oleks tegemist samuti klooniga, kuid see eksisteeriks valgusväljana hyperruumis ehk aegruumist väljapool, mitte arvuti kõvakettal. See tähendab, et ka kehaväline meel oleks bioloogilise meele vaimne koopia. Surmalähedased kogemused näitavad, et bioloogilise keha hävimise korral jääks inimene kehavälise teadvusena ellu. See tähendab seda, et kui bioloogiline keha ja seega bioloogiline meel sureks, siis inimene ärkaks nagu „võluväel“ ellu simuleeritud ajus, mis eksisteerib kehavälises olekus ja mille meel oleks täpselt samasugune. Neid „kahte“ ei erista sellisel juhul füüsiline asukoht aegruumis, kuna bioloogiline-mina eksisteeriks aegruumis, kuid nö. valguse-mina ei eksisteeri aegruumis, vaid sellest väljapool.

2.2.19.10.2 Teadvuse ja psüühika asukoha vahetuse teooria puuduv lüli

Eespool me väitsime, et kui närvisüsteemi elektriline aktiivsus hakkab lakkama, siis see põhjustab inimese teadvustamist kehavälisest eksisteerimisest. Näiteks kui ajustruktuurides ei esine enam elektrilist aktiivsust või seda on väga vähesel määral võrreldes normaalse ajuaktiivsusega, siis seega inimese ajus ei esine ka teadvust ega psüühilist tegevust. Kuid vahetult enne ajustruktuuride elektrilise aktiivsuse lakkamist kiirgas aju hyperruumi oma „viimaseid“ elektromagnetlaineid (s.t. viimast korda), mistõttu võib teadvus ja psüühiline tegevus „jätkuda“ hyperruumi kiirgunud elektromagnetlainete väljas.

See tähendab seda, et kui ajus olev elektriline aktiivsus lakkab (põhjustamaks ka inimese teadvuse ja psüühilise tegevuse lakkamist) ning närvisüsteemist kiirgunud elektromagnetlainete väljas saab eksisteerida teadvus ja psüühiline tegevus, siis seega võivad need kaks asjaolu põhjustada inimese teadvustamist kehavälisest eksisteerimisest pärast närvisüsteemi elektrilise aktiivsuse lakkamist. See tähendab seda, et teadvus ja psüühika „vahetavad oma asukohta“: ajus esinemise asemel esinevad need nüüd hyperruumis eksisteerivas elektromagnetlainete väljas, kuna esimene variant on nö. „välja lülitatud“. See tähendab seda, et kui bioloogiline keha ja seega bioloogiline meel sureks, siis inimene ärkaks nagu „võluväel“ ellu simuleeritud ajus, mis eksisteerib kehavälises olekus ja mille meel oleks täpselt samasugune. Kehaväline meel oleks bioloogilise meele vaimne koopia. Surmalähedased kogemused näitavad, et bioloogilise keha hävimise korral jääks inimene kehavälise teadvusena ellu. Ajustruktuurides esinev elektriline aktiivsus võib lakata eksisteerimast, mistõttu lõpeb ka närvisüsteemi elektromagnetlainete kiirgamine hyperruumi, kuid närvisüsteemist kiirgunud elektromagnetlainete väli, mis eksisteerib hyperruumis, ei lakka eksisteerimast.

Siinkohal tekib küsimus, mida peab põhjalikumalt lahti seletama: miks bioloogilise meele suremise korral hakkab kohe automaatselt inimese teadvus ja psüühika eksisteerima kehavälises elektromagnetlainete väljas? See tähendab, et mis põhjustab teadvuse ja psüühilise tegevuse “asukoha vahetust” bioloogilisest meelest kehavälisesse meelde? Selle mõistmiseks ei piisa teadmisest, et kehavälises olekus eksisteerib inimese simuleeritud aju elektromagnetlainete välja näol. Selline probleem sarnaneb kvantmehaanikas kirjeldatava kvantpõimumise mõistatusega, mille

korral jääb arusaamatuks, et miks ühe osakese oleku muutumisega kaasneb silmapilkselt ka teise osakese oleku muutus hoolimata sellest, et see osake võib olla esimesest osakesest ruumis miljoneid valgusaastaid eemal. Kvantpõimumisega seotud probleemid lahendab ära ajas rändamise füüsikateooria, kuid siin järgnevalt kirjeldame inimese teadvuse ja psüühika "asukoha vahetuse" põhjust bioloogilisest meelest kehavälisesse meelde palju täpsemalt. Esitame selle põhjuse argumenteeritult loogilises järjekorras, kuid seda lühidalt järgmiselt:

1. Eespool me tõdesime, et pärast närvisüsteemi elektrilise aktiivsuse lakkamist eksisteerib inimese teadvus ja psüühiline tegevus hyperruumi kiirgunud elektromagnetlainete väljas, mille korral on inimene võimeline teadvustama oma kehavälist eksisteerimist. Sellisel juhul on inimese teadvus ja psüühika „vahetanud oma asukohta": ajus esinemise asemel esinevad need nüüd hyperruumis eksisteerivas elektromagnetlainete väljas, kuna esimene variant on nö. „välja lülitatud". See tähendab seda, et kui bioloogiline keha ja seega bioloogiline meel sureks, siis inimene ärkaks nagu „võluväel" ellu simuleeritud ajus, mis eksisteerib kehavälises olekus ja mille meel oleks täpselt samasugune. Kehaväline meel oleks bioloogilise meele täpne koopia.

2. Inimese teadvuse ja psüühika tekkimine pärast bioloogilise meele lakkamist kehavälise meelena sarnaneb kvantmehaanikas kirjeldatava kvantpõimumise nähtusega. Kvantpõimumise korral jääb arusaamatuks, et miks ühe osakese oleku muutumisega kaasneb silmapilkselt ka teise osakese oleku muutus hoolimata sellest, et see osake võib olla esimesest osakesest ruumis miljoneid valgusaastaid eemal. Kuid kvantpõimumisega seotud probleemid lahendab edukalt ära ajas rändamise füüsikateooria.

3. Bioloogilist meelt ja kehavälist meelt ei erista üksteisest füüsiline asukoht aegruumis, vaid erinevad aja ja ruumi dimensioonid. Näiteks bioloogiline-mina eksisteeriks aegruumis, kuid nö. valguse-mina ei eksisteeri aegruumis, vaid sellest väljapool. Selline asjaolu viitab sellele, et kui bioloogiline meel sureks, siis seda saaks tõlgendada nii, et bioloogiline meel ei eksisteeri enam aegruumis. Surm või lakkamine tähendaks mitte-eksisteerimist aegruumis, kuid eksisteerimist aegruumist väljapool. See tähendab, et aegruumis lakkamist võib tõlgendada eksisteerima hakkamisena väljapoole aegruumi. Need kaks on füüsikaliselt samaväärsed nagu on näiteks samaväärsed inertne ja raske mass üldrelatiivsusteoorias. Eespool me kirjeldasime, et aegruumist väljapool eksisteerib elektromagnetlainete väli. Sellest tulenevalt eksisteeriks selles ka teadvus ja psüühika ehk inimese teadvustamine kehavälisest olekust, kuid seda alles pärast bioloogilise meele lakkamist.

Võib väita nii, et aegruumist väljapool eksisteerivad kehad ja nähtused ei saa eksisteerida aegruumis. See tähendab ka seda, et aegruumist väljapool eksisteerivad kehad ei saa olla nähtavad aegruumis, kuid aegruumis eksisteerivad kehad saavad olla nähtavad ka aegruumist väljapool. Näiteks kehast väljunud inimesed, kes eksisteerivadki väljaspool aegruumi, näevad ja kuulevad reanimatsioonipalatis ehk seega aegruumis tegutsevaid arste ja meedikuid, kes püüavad kliinilisse surma sattunud inimest elustada. Teadvuse ja psüühika asukoha vahetuse mõistmiseks ajuaktiivsusest hyperruumi eksisteerivasse valgusvälja võimegi tõlgendada nii, et kui miski lakkab eksisteerimast aegruumis, siis see hakkab eksisteerima väljaspool aegruumi.

Kui inimese teadvus ja psüühiline tegevus lakkavad eksisteerimast ajuaktiivsuse lakkamise tõttu (näiteks kooma, kliinilise surma või bioloogilise surma korral), siis kehast väljumise mõistmiseks võime seda tõlgendada ka nii, et teadvus ja psüühika hakkavad eksisteerima aegruumist väljapool ehk hyperruumis eksisteerivas elektromagnetlainete väljas. Kui aga neuronid peaksid surema või peaksid elementaarsed osakesed lakkama eksisteerimast aegruumis, siis see ei tähenda seda, et need hakkaksid eksisteerima väljaspool aegruumi. Tundub, et selline füüsikaline tõlgendusvõimalus ei kehti füüsiliste kehade korral nagu näiteks elementaarosakeste, rakkude, aju, maksa, südame, palli või kivide korral. Tundub, et see kehtib ainult abstraktsete nähtuste korral, milleks võibki olla inimese teadvus. Inimese teadvus on midagi palju abstraktsemat kui aju, neuronid ja elektriline

aktiivsus, kuid sellegipoolest on need seotud teadvusliku kogemuse tekkimisega inimese ajus. Teadvusel endal puuduvad füüsilised mõõtmed, kuid teadvuse tekitajatel (näiteks neuronitel) on olemas reaalsed mõõtmed. See tähendab seda, et ajusse vaadates me otseselt ei näe „maailmapilti“, küll aga näeme seda oma enda subjektiivses teadvuselamuses. Kui teadvus lakkab olemast, ei pruugi lakata neuronite eksisteerimine, kuid neuronite eksisteerimise lakkamine põhjustab juba kindlasti ka teadvuse lakkamist.

Inimese teadvuse ja psüühika „asukoha vahetuseks“ aegruumist väljapoole aegruumi eksisteerimiseks peavad olema teatud tingimused tagatud. Neid tingimusi on kokku kolm. Esiteks, inimese teadvuslik seisund ja psüühiline tegevus peavad olema lakanud. Selline tingimus on täidetud näiteks inimese kooma, kliinilise surma ja bioloogilise surma korral. Teiseks, aegruumist väljapool ehk seega hyperruumis peab eksisteerima elektromagnetlainete väli ja seda aegruumis oleva inimese aju „vahetus läheduses“. See tähendab, et valgusväli peab eksisteerima paralleelselt aju kõrval ehkki see eksisteerib väljaspool aegruumi. Aju eksisteerib aegruumis, kuid väli eksisteerib aegruumist väljapool. Selline asjaolu võimaldab neil kahel eksisteerida üksteise suhtes paralleelselt või lausa kohakuti. See on väga oluline tingimus, kuna teadvuse eksisteerimiseks on vaja mingisugust materiaalset substantsi (isegi kehast väljumise korralgi), milleks võibki olla valgusväli. Näiteks aegruumis on selleks inimese ajus olevad neuronid. Inimese teadvus ei teki „tühja“ koha peale. See on võimatu. Kolmandaks, ajuaktiivsus peab olema samuti lakanud, mitte ainult teadvus ja psüühiline tegevus. Ajuaktiivsuse lakkamise korral lakkab ka inimese närvisüsteemi elektromagnetlainete kiirgamine hyperruumi. Kliinilise surma ajal on inimese ajuaktiivsus täielikult või osaliselt lakanud, mistõttu võib seda tingimust lugeda täidetuks. Kõik eelnevalt nimetatud kolm tingimust tagavadki teadvusliku seisundi tekkimise väljaspool aegruumi, mille korral on inimene võimeline teadvustama oma kehavälist olekut.

Inimese kehast väljumise kui kehavälise teadvuse tekkimise juures on oluline märkida seda, et inimesed enamasti ei teadvusta kehast väljumise protsessi. See tähendab, et kehast väljutakse teadvuse väliselt, mitte teadvustatult. Näiteks esmalt kannatatakse suurte valude käes, mida suremise situatsioonis ikka kogetakse. Pärast seda tuntakse äkki oma enda kehast lahus olevana. Inimese kehast väljumise füüsikateooria järgi sureb inimene lühikeseks ajaks reaalselt vahetult enne kehast väljumist. Sellisel ajaperioodil ei ole inimesel teadvust ega mitte mingisugust muud tunnetust. Kuid pärast seda äärmiselt väikest ajaperioodi „ärkab“ inimene kehavälises olekus taas „ellu“. Sellisel juhul teadvustab inimene ümbritsevat keskkonda ja oma kehavälist eksisteerimist. Sellest tulenevalt sarnaneb inimese kehast väljumine teleportatsiooniga ruumis: keha teleportreerub ühest ruumipunktist teise ühe hetkega ehk silmapilkselt.

2.2.19.10.3 Elektromagnetväli tavaruumis ja hyperruumis

Kui inimese ajuosa on parajasti aktiivne, siis verevool selles ajupiirkonnas suureneb ja neuroneid ehk närvirakke läbivad parajasti elektriimpulsid. Seetõttu on verevool ajusse ja neuronite aktiveerumine omavahel seotud. Inimese peaaju läbib igas sekundis miljardeid närviimpulsse. Need impulsid tekitavad ümber inimese pea füüsikalise välja, elektrivälja, mille tugevust saab mõõta elektroentsefalograafiga. Sellega saadud graafikut nimetatakse elektroentsefalogrammiks ehk lühidalt EEG-ks. See tähendab, et elektroentsefalograafia ehk EEG korral kasutatakse elektroodidega kübarat, mis patsiendi pähe pannes mõõdab tema ajulaineid.

Elektriimpulsid levivad praktiliselt kõikjal inimese närvisüsteemis ehk kogu närvisüsteemi ulatuses (kõikjal kus on neuronite kehad, nende jätked ja aksonid) ning seda ajas pidevalt ehk kogu aeg.

Oluline on märkida, et inimese ajutegevus ei lakka ega “peatu” normaalse seisundi korral mitte kunagi. See tähendab, et ajupiirkonnad on elektrilises aktiivsuses nii inimese ärkvel oleku kui ka

magamise ajal. Neuronid laenglevad ajus pidevalt ja seda kogu inimese eluea jooksul. Niisamuti ka südame töö ei lakka ega “peatu” inimese eluea jooksul mitte kordagi ehkki võib selle löökide arv minutis muutuda vastavalt inimese füüsilise keha seisundile. Sama on ka närvisüsteemi elektriimpulssidega. Need tekivad ja levivad ajus pidevalt, ükskõik mis seisundis on inimene, kuigi nende arvukus või intensiivsus võivad ajas või piirkonniti muutuda. Eranditeks on muidugi meditsiinilised kõrvalnähud, nagu näiteks kliiniline surm või kooma seisund, mille korral ei levi suurel määral ajus elektriimpulsse.

Inimese kehast väljumise füüsikateooria järgi “eralduvad” inimese närvisüsteemist elektromagnetlained hyperruumi just elektriliste impulsside asukohtadest. See tähendab, et elektriimpulsi tekkimise ja lakkamise (ehk selle levimise) ajal ajus tekivad ka vaakumis mittelevivad elektromagnetlained ajus, mistõttu peaksid need elektromagnetlained „tekkima“ ka hyperruumi. See tähendab seda, et inimene „kiirgab“ elektromagnetlaineid pidevalt ehk kogu aeg (isegi elus olles), kuid mitte meie tajutavas ümbritsevas aegruumis, vaid sellest väljapool ehk hyperruumi dimensioonis ja seetõttu ei ole sellist „neurokiirgust“ võimalik katseliselt tuvastada. See tähendab ka seda, et näiteks ümber inimese pea eksisteerib selline elektromagnetväli, mis eksisteerib väljaspool aegruumi ehk hyperruumis, mitte aegruumis, kuid inimese närvisüsteemi vahetus läheduses. Aegruumis eksisteerib elektriväli, mis on tekitatud elektriimpulsside levimisest ajus. Seda on võimalik katseliselt tuvastada ja mõõta, näiteks elektroentsefalogrammiga.

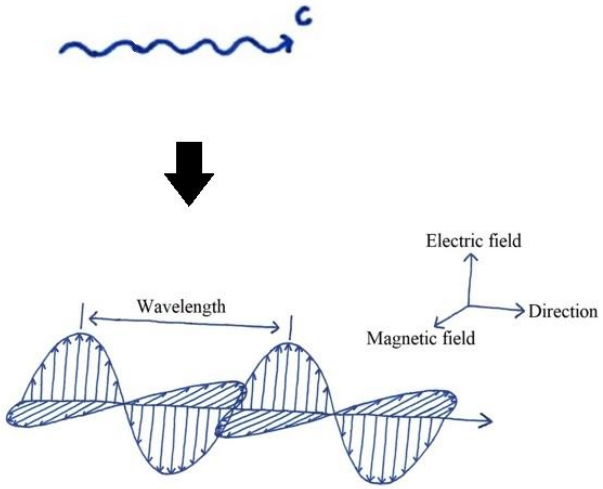
Teadus on eksperimentaalne valdkond, milles peab saama teha katseid. See tähendab seda, et katseliselt mittetõestatavad nähtused ei kuulu teaduse raamidesse. Sellisel juhul on tegemist filosoofia, religiooni või lausa pseudoteadusega. Kuid sellegipoolest esinevad isegi teaduses sellised teooriad või arusaamad, mida ei saa otseselt katseliselt tõestada. Näiteks kvantelektrodünaamika kirjeldab väljakvantide olemasolu ja nende seoseid elektromagnetilise interaktsiooniga. Kuid väljakvante, mida nimetatakse virtuaalseteks footoniteks, ei saa katseliselt tuvastada ega mõõta, kuna nende eksisteerimiste ajaperioodid on lihtsalt niivõrd väikesed. Sellistel juhtudel saab nähtuste olemasolu tõestada ainult kaudselt, mitte otseselt. Näiteks peavad need olema seotud mingite muude nähtustega, mille toimist saab juba otseselt katseliselt tõestada. Sellisel juhul oleks nähtuse olemasolu teaduslikult aktsepteeritav ehkki otseselt ei ole see katseliselt mõõdetav. Täpselt sama loogika kehtib ka hyperruumis eksisteeriva väljaga. Edaspidi näitamegi erinevaid võimalusi, kuidas tuvastada ja tõestada inimese teadvuse ja psüühika kehavälist eksisteerimist elektromagnetväljana hyperruumis.

Kokkuvõtlikult võibki väita seda, et inimese närvisüsteemi vahetus läheduses eksisteerib kaks elektromagnetvälja. Neist üks väli eksisteerib aegruumis. Seda välja tekitavad miljardid elektriimpulssid, mis levivad närvisüsteemis mööda neuronite jätkeid ja aksone. Seda välja on võimalik katseliselt tuvastada ja isegi mõõta, näiteks elektroentsefalograafiaga ehk EEG-ga. Kuid teine väli eksisteerib aegruumist väljapool ehk hyperruumi dimensioonis. Seda välja tekitavad samuti miljardid elektriimpulssid, mis levivad närvisüsteemis ühelt neuronilt teisele. Kuid sellist välja ei ole võimalik katseliselt tuvastada ega mõõta, kuna see ei eksisteeri meie tajutavas aegruumis. Mõlemad elektromagnetväljad on üksteisega võrreldes väga sarnased, peaaegu et isegi identsed, kuid need eksisteerivad erinevates aja ja ruumi dimensioonides. Kuid sellegipoolest eksisteerivad need kaks välja üksteise suhtes paralleelselt kõrvuti koos. Seetõttu võib öelda, et hyperruumis ja aegruumis eksisteerivad väljad on üksteise „paralleelväljad“. Erinevus seisneb ka selles, et kui inimese ajutegevus lakkab töötamast, mistõttu ei levi ajus enam elektriimpulsse, siis aju ümbritsev väli aegruumis lakkab samuti eksisteerimast. Kuid väli, mis eksisteerib hyperruumis, ei lakka ajutöö katkemise korral. Inimese närvisüsteem küll ei kiirga uusi elektromagnetlaineid, kuid hyperruumis eksisteeriv väli ei lakka sellegipoolest olemast.

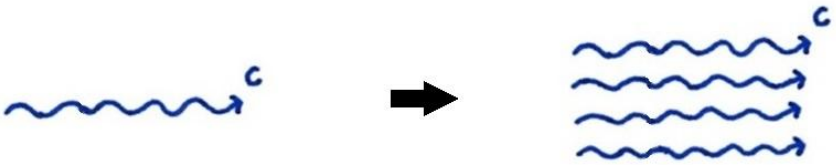
2.2.19.10.4 Valgusvälja mõiste ja aegruumi väline dimensioon

Inimese kehast väljumise füüsikateooria ütleb meile seda, et inimene eksisteerib kehavälises olekus elektromagnetlainete väljana ehk lühidalt „valgusväljana“, mis eksisteerib hyperruumi dimensioonis ehk seega aegruumist väljapool. Siinkohal tuleb eespool ja ka edaspidigi kasutatavat mõistet „valgusväli“ pikemalt lahti defineerida.

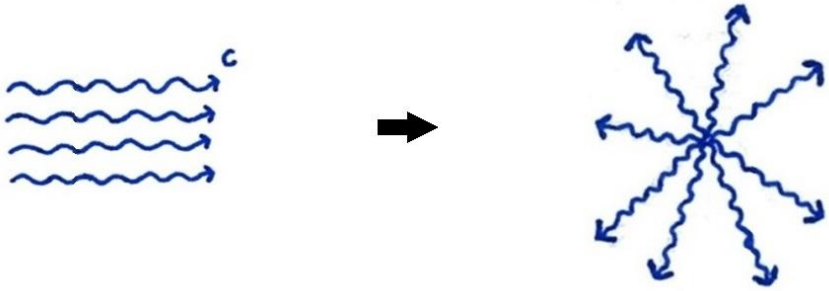
Füüsikas kasutatavad Maxwelli võrrandid näitavad, et elektromagnetlaine on elektri- ja magnetvälja üksteiseks muutumine, mis levib ruumis täpselt valguse kiirusega c. Illustreerime seda järgmise joonisega:



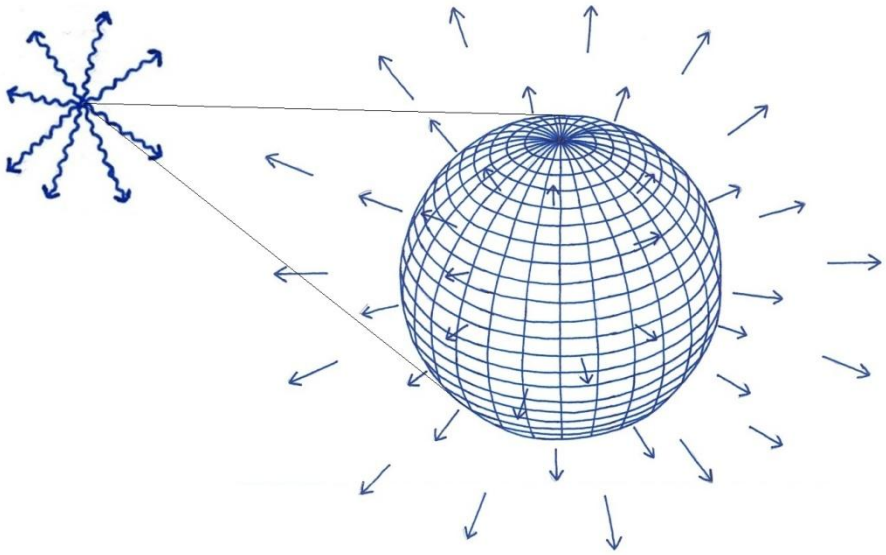
Elektromagnetlaines esineb elektri- ja magnetväli, mis muutuvad ajas üksteiseks. Kui aga „ruumis“ levivad arvuliselt väga palju elektromagnetlaineid ja kõik need lained on ka üksteise suhtes ruumiliselt lähedal, siis võib seda mõista elektromagnetlainete väljana ehk lühidalt „valgusväljana“. See tähendab seda, et ruumis levivad elektromagnetlained moodustavad kokku ühtse elektromagnetlainete välja ehk lühidalt nimetades valgusvälja:



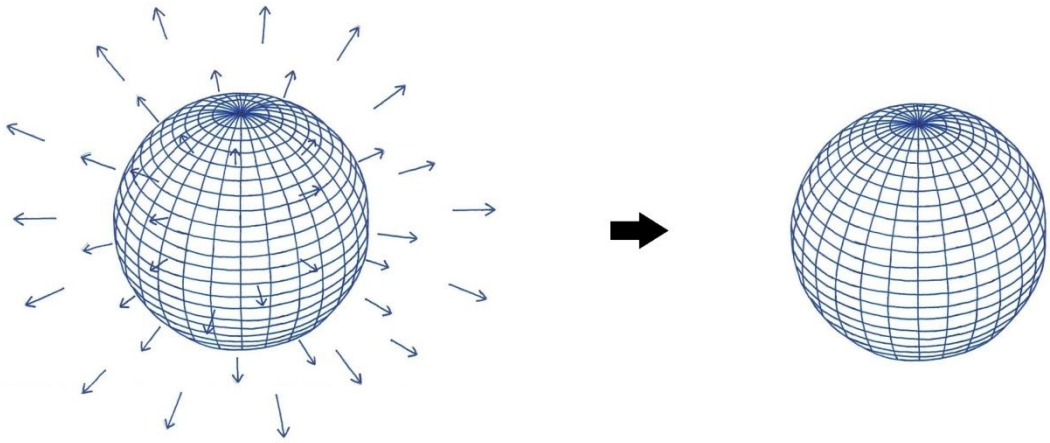
Sellisel juhul ei pea lainete vektorid (s.t. liikumissuunad) üksteisega otseselt kattuma:



Näiteks tähed kiirgavad maailmaruumi valgust ja seetõttu võib seda mõista ka nii, et tähte ümbritseb „valgusväli“:



Tänu valgusväljale me neid tähti tegelikult üldse näemegi. Kui tähed ei kiirgaks valgust, siis neid ei ümbritseks ka valgusväli:

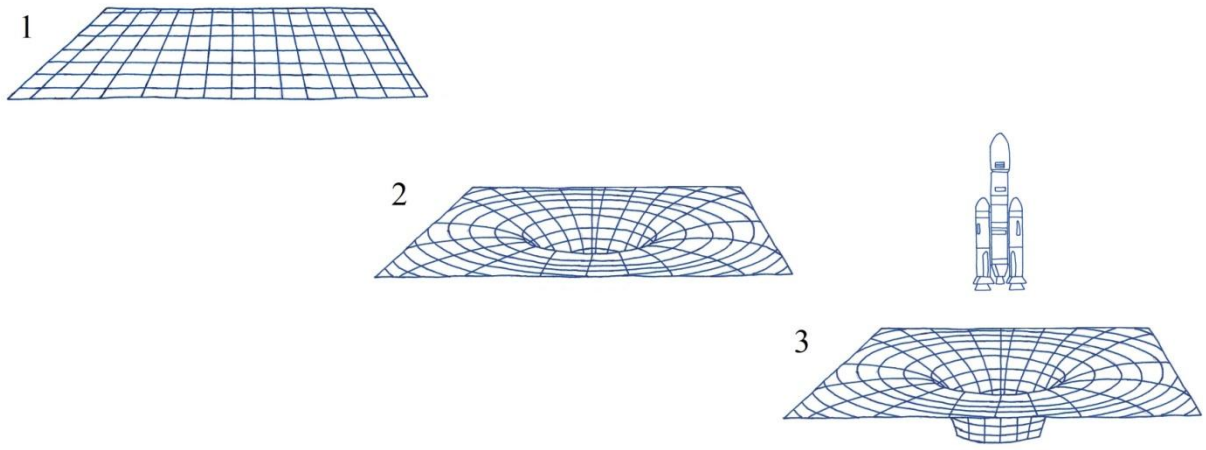


Inimese kehast väljumise füüsikateooria ütleb meile seda, et inimene eksisteerib kehavälises olekus valgusväljana väljaspool aegruumi. Kuid mis tähendab füüsikaliselt väljaspool aegruumi? Kuidas seda õieti mõista? Aja ja ruumi füüsikat kirjeldab Albert Einsteini relatiivsusteooria. Näiteks üldrelatiivsusteoorias kirjeldatakse kõveraid aegruume, mida põhjustavad väga suured massid. Mida lähemale jõuda gravitatsioonivälja tsentrile, seda rohkem aegleneb aeg ja seda rohkem kontrakteerub ruum. Gravitatsioonivälja tsentris eksisteerib Schwarzschildi pind:

millel on aeg aeglenenud lõpmatuseni ja ruum kontrakteerunud nullini. See tähendab aja ja ruumi eksisteerimise lakkamist. Sellest alates lõpeb üldrelatiivsusteooria kehtivus ja algab ajas rändamise füüsikateoorias kirjeldatav hyperruumi dimensioon. Seega võime aegruumi välist dimensiooni

mõista nii, et aegruumist väljapool eksisteerib selline dimensioon, milles ei kehti enam Albert Einsteini üldrelatiivsusteooria diferentsiaalvõrrandid oma reaalarvudega, vaid kehtivad ainult imaginaararvud. Kuna aegruumi välist dimensiooni kirjeldavad ainult imaginaararvud, siis seega võime sellist dimensiooni mõista ka imaginaarse dimensioonina.

Must auk on üldrelatiivsusteooria äärmuslik näide, kuna selle tsentris kõverdub aegruum lõpmatuseni. Kuna musta augu tsentris ehk Schwarzschildi pinnal kõverduvad aeg ja ruum lõpmatuseni ehk aegruumi eksisteerimine lakkab olemast, siis seega on mustad augud kui aegruumi augud, mille läbimise korral on võimalik jõuda väljapoole aegruumi. Seda illustreerib meile järgmine joonis:



Aja ja ruumi eksisteerimise lakkamised esinevad ka erirelatiivsusteoorias. Näiteks kui keha liigub vaakumis valguse kiirusega c, siis on aeg aeglenenud lõpmatuseni. See tähendab seda, et „omaajas“ jõuab see keha mistahes Universumi ruumipunkti kõigest 0 sekundiga. See tähendab, et aja dimensiooni eksisteerimise lakkamise korral ei võta kehade liikumised enam aega. Kuid see väljendub nii ainult „omaajas“. Paigalseisva välisvaatleja suhtes liigub see sama keha ikkagi valguse kiirusega c ehk seega võtab liikumine aega. See tuleneb sellest, et välisvaatleja ise asub aegruumis.

2.2.19.10.5 Kõrgsageduslik ajuaktiivsus

Inimese närvisüsteemist „eralduvad“ elektromagnetlained hyperruumi just elektriliste impulsside asukohtadest, kuna elektriimpulsi levimise ajal tekivad nendes ka elektromagnetlained, mistõttu peaksid need „tekkima“ ka hyperruumi. See tähendab, et kui hyperruumi tekkivad elektromagnet-lained on seotud inimese ajus tekkivate elektriimpulssidega ja need samad impulsid on omakorda seotud ajusagedusega ehk ajulainetega, siis seega hyperruumi tekkivad elektromagnetlained peavad olema samuti seotud ka ajusagedusega ehk seega ajulainetega.

Inimese peaaju läbib sekundis miljoneid närviimpulsse. Need impulsid tekitavad ümber pea elektrivälja, mille tugevust mõõdetakse elektroentsefalograafiga. Sellega saadud graafikut nimetatakse elektroentsefalogrammiks ehk lühidalt EEG-ks. Närvirakkudes tekivad elektrilised võnkumised. See tähendab seda, et ajus on neuronite aktiivsused, mis korduvad teatud ajavahemiku tagant. Näiteks mingi kindel neuronipopulatsioon on aktiivne iga 20 ms tagant. Selles seisnebki ajurütmide (ajulainete) olemus. Kui impulss suubub neuronisse või neuron väljastab impulsi, siis neuron laengleb. See tähendab ka seda, et neuroni laenglemissagedus (mida võib põhimõtteliselt käsitleda ka neuronite aktivatsiooni laine sagedusena) näitab ka impulsside hulka. Näiteks kui sagedus on suur, siis impulsse levib ajus rohkem. Kui aga sagedus on väike, siis impulsse on ajus

vähem. Inimese ajulained (ajusagedused) peaksid olema otseselt seotud elektromagnetlainete „eraldumisega“ inimese ajust hyperruumi, mis on kehast väljumise füüsikaliseks aluseks.

> Neuron laengleb siis, kui impulss suubub neuronisse või neuron väljastab impulsi. Sellest järeldub tegelikult kaks võimalikku tõsiasja: neuroni laenglemissagedus võib näidata impulsside hulka ajaühikus või impulsside liikumiskiirust. Näiteks kui laenglemise sagedus on väga suur, siis see viitaks sellele, et impulsse levib ajus rohkem või impulsid lihtsalt liiguvad ajus kiiremini.

Elus oleva ehk normaalse aju funktsioneerimisega kaasnevad enamasti madalad ajusagedused (ehk väga pikad ajulained). Näiteks sügav ehk unenägudeta uni esineb delta lainete ajal (0,5 – 3 Hz), mis on aga väga aeglased aju lained. Kerge uni ja REM-uni esinevad aga teeta lainete ajal (4 – 8 Hz), füüsiline ja vaimne lõdvestunud ärkveloleku seisund alfa lainete ajal (9 – 13 Hz), normaalne ärkveloleku seisund beeta lainete ajal (14 – 30 Hz) ja kirkad unenäod gamma sagedusel (enam kui 30 Hz). Inimesel, kes on täiesti terve ja kellel on rahuolekus silmad kinni, esinevad alfalained (8 – 13 Hz). Silmade avamise korral asenduvad alfalained beetalainetega (14 – 30 Hz). Inimese uinumise ajal langeb aju bioelektriline aktiivsus (võivad esineda teetalained 4 – 7 Hz).

Inimese teadvus ei esine väga nõrga neuraalse aktiivsuse korral (näiteks narkoosi või kooma puhul) ja samuti mitte liiga tugeva neuraalse aktiivsuse korral (näiteks epileptilise hoo või elektrišoki korral). Seega teadvus esineb kesknärvisüsteemide keskmisel aktiivsuse nivool (näiteks ärkveloleku desünkroniseeritud EEG). Näiteks kui ajus esinevad suure amplituudiga aeglased lained (umbes 0,1-1 Hz), siis inimene on teadvusetuses seisundis. Nii on see näiteks üldnarkoosi ja teadvuseta sügava une ajal. Inimeste ajus esinev väga tugev või väga nõrk gamma-sageduslik faasisünkroonsus viib aju samuti teadvuseta seisundile.

Aju suremise faasis tekib lühikeseks ajaks selline olek, mille korral esineb väga intensiivne ajuaktiivsus ehk väga kõrge ajusagedus. See tähendab seda, et enne aju üldise aktiivsuse lakkamist tõuseb ajuaktiivsuse sagedus lühikeseks ajaks väga suureks ehk aju suremise faasis tekib mõneks lühikeseks ajaks kõrgsageduslik ajuaktiivsus. Näiteks pärast südameseiskumist esinevad ajulained veel umbes 30 sekundit ja seda suurema aktiivsusega. Näiteks rottidel on pärast elutegevuse lakkamist kõrgsagedusega ajulaineid isegi rohkem kui elus ja hea tervisega loomade korral.

> Aju suremise faasis ei laengle neuronid üksteise suhtes enam sünkroonselt, vaid selle korrapära on asendunud kaootilisus ehk mittesünkroonne laenglemine. Aju suremise faasis lakkab sünkronisatsioon peaaegu täielikult ja seetõttu laenglevad neuronid üksteise suhtes enam-vähem kaootiliselt. Kuid aju normaalse aktiivsuse korral esinevad palju rohkem sünkronisatsioone laenglevate neuronite või isegi aktiivsete ajupiirkondade vahel.

Elus oleva ehk normaalse aju funktsioneerimise korral, millega kaasnevad enamasti madalad ajusagedused (ehk väga pikad ajulained), ei ole täheldatud inimese surmalähedasi kogemusi ehk reaalseid kehast väljumisi. Normaalse ajuaktiivsuse korral esineb sünkronisatsiooni rohkem, kuid aju suremise faasis väheneb erinevate ajupiirkondade sünkroonsus peaaegu miinimumi. Aju suremise faasis, mille korral esineb väga intensiivne ajuaktiivsus ehk väga kõrge ajusagedus, on täheldatud surmalähedasi kogemusi ehk inimese reaalseid kehast väljumisi. Sellest on järeldatud, et ajulained peavad olema kuidagi seotud elektromagnetlainete „eraldumistega“ inimese ajust, mis on kehast väljumise füüsikaliseks aluseks. Kõrgsageduslik ajuaktiivsus vahetult enne surma oli varasemate hüpoteeside järgi kehast väljumise vallandajaks, mille korral tekitab kõrgsageduslik ajuaktiivsus intensiivsema väljade eraldumise ajustruktuuridest võrreldes inimese elu aja jooksul eralduvate väljadega. Need hüpoteesid olid varem väga populaarsed, kuid tänapäeval ei leia need enam üldist tunnustust. Nende hüpoteeside põhimõte seisnes lühidalt järgmises:

> Inimene kiirgab elektromagnetlaineid pidevalt (isegi elus olles), kuid ainus vahe on lihtsalt selles, et madalal ajuaktiivsuse sagedusel (ehk normaalse aju funktsioneerimise korral) eralduvad väljad ajust hyperruumi „kaootiliselt“ (s.t.

suurte ajaintervallide vahedega), mille korral ei ole need väljad üksteisega suuresti seotud. Näiteks kui aju sagedus on madal ehk ajaperiood tegevus- ja puhkepotentsiaali oleku vahel on väga suur, siis neuronite väljad „eralduvad“ hyperruumi erinevates ajahetkedes ja seetõttu ei pruugi need väljad omavahel olla funktsionaalselt seotud.

Kuid kõrgsagedusliku ajuaktiivsuse korral (mis esineb tavaliselt sureva aju faasi ajal ehk vahetult enne surma) „eralduvad“ väljad ajust hyperruumi peaaegu üheaegselt (s.t. väga väikeste ajaintervallide vahedega). Selle tulemusena on eraldunud väljad üksteisega rohkem funktsionaalselt seotud ja seetõttu on võimalik ka teadvuse eksisteerimine selles eraldunud väljade süsteemis.

Kui aju sagedus on väga kõrge (umbes sajad või isegi tuhanded Hz-id), siis ajaperiood tegevus- ja puhkepotentsiaali oleku vahel on väga väga väike. Seetõttu võivad eraldunud väljad olla juba omavahel funktsionaalselt seotud, mille korral võib selles eraldunud elektromagnetlainete väljas eksisteerida ka juba inimese teadvus ja üldine mina tunne. Sellisel juhul eralduvad erinevad väljad küll erinevates ajahetkedes, kuid nende väljade eraldumiste ajahetkede vahelised ajaperioodid on lihtsalt palju kordi väiksemad.

Füüsikas tähendab sagedus seda, et mitu täisvõnget tehakse ühes ajaühikus. Sagedus on pöördvõrdeline perioodiga. Periood näitab, et kui palju aega kulub ühe täisvõnke tegemiseks. Sageduse ühikuks on Hz ehk hertz. Laenglevate neuronite kontekstis tähendab sagedus seda, et mitu korda laengleb neuron ühes ajaühikus. Näiteks kui impulss suubub neuronisse või neuron väljastab impulsi, siis neuron laenglebki. See tähendab ka seda, et neuroni laenglemissagedus (mida võib põhimõtteliselt käsitleda ka neuronite aktivatsiooni laine sagedusena) näitab ka impulsside hulka. Näiteks kui sagedus on suur, siis impulsse levib ajus rohkem. Kui aga sagedus on väike, siis impulsse on ajus vähem.

Kui üks neuron elektriliselt laengleb ehk on seega tegevuspotentsiaali olekus, siis teine lähedal asuv neuron, mis võib olla sel ajal parajasti puhkepotentsiaali olekus, satub selle esimese laengleva neuroni elektrivälja. Selline olukord aga ei jää selliseks, sest tegevuspotentsiaali olekus olev neuron läheb üle mõne lühikese aja pärast puhkeolekusse ja tema lähedal puhkeolekus olev neuron läheb üle tegevuspotentsiaali olekusse. Sellisel juhul vahetuvad omavahel potentsiaali olekud, mille esinemise sagedust näitab samuti ajusagedus (ja seeläbi ka ajulained). Varasema hüpoteesi järgi järeldus siit see, et kui sagedus on madal ehk ajaperiood kahe erineva potentsiaali vahel on väga suur, siis neuronite väljad „eralduvad“ hyperruumi erinevates ajahetkedes ja seetõttu ei pruugi need väljad hyperruumis omavahel funktsionaalselt kontakteeruda või kombineeruda.

Füüsikast me teame, et näiteks laetud osakeste väljad võivad sattuda väljade kombinatsiooni ehk superpositsiooni olekusse siis kui need satuvad ruumis üksteisele piisavalt lähedale. Selle analoogia kehtib ka väljade eraldumiste korral inimese ajust. Näiteks kui ajusagedus on väga kõrge (umbes sajad või isegi tuhanded Hz-id), siis ajaperiood kahe erineva potentsiaali oleku vahel on väga väga väike ja seetõttu võivad eraldunud väljad olla hyperruumis omavahel funktsionaalselt seotud, mille korral võib eksisteerida ka juba inimese teadvus ja üldine mina tunne. Sellisel juhul eralduvad erinevad väljad küll erinevates ajahetkedes, kuid nende väljade eraldumiste ajahetkede vahelised ajaperioodid on lihtsalt väga väga väikesed.

Kui inimene väljub oma kehast, siis peavad peaaegu kõik ajus olevad väljad sealt eralduma hyperruumi ja seda peaaegu üheaegselt. Just ajaperiood oli varasemas hüpoteesis võtmesõnaks. Väljad eralduvad ajust kas üheaegselt või võimalikult väikeste ajaintervallide jooksul. See tähendab seda, et miljardid väljad ei eraldu hyperruumi kõik üheaegselt, vaid tegelikult järgemööda üksteise järel. Selleks et säiliks inimese teadvus, psüühiline tegevus ja üldine isiksus, pidid väljade eraldumisperioodid olema võimalikult väikesed. Ajaperioodi väiksust võimaldab ainult väga kõrge ajusagedus ja see tähendas varasema hüpoteesi järgi seda, et inimese kehast väljumine ehk väljade üldine eraldumine ajust saab toimuda ainult väga kõrgel ajusagedusel.

Kindlalt võib väita seda, et väljade eraldumist ehk „kiirgumist“ inimese närvisüsteemist esineb mistahes aju sageduse korral. See tähendab, et inimene kiirgab elektromagnetlaineid pidevalt (isegi elus olles), kuid mitte meie tajutavasse ümbritsevasse aegruumi, vaid sellest väljapoole ehk hyperruumi ja seetõttu ei ole sellist „neurokiirgust“ võimalik katseliselt tuvastada. See on inimese kehast väljumise füüsikateooria järgi üsna kindel. Seetõttu ei ole enam usutav selline järeldus, et kui inimese aju läheb üle kõrgsageduslikule aktiivsusele, siis võiks toimuda närvisüsteemi mingisugune intensiivsem väljade „kiirgumine“, millega võiks kaasneda ka siis teadvuse eraldumine ajust.

Kuna inimese närvisüsteem kiirgab elektromagnetlaineid hyperruumi tegelikult pidevalt (isegi elus olles), siis sellest saab järeldada seda, et madalal ajuaktiivsuse sagedusel (ehk normaalse aju funktsioneerimise korral) eralduvad väljad ajust hyperruumi, mille korral oleksid need väljad ikkagi üksteisega seotud. Kõrgsagedusliku ajuaktiivsuse korral (mis esineb tavaliselt vahetult enne aju surma) eralduvad väljad ajust hyperruumi tõepoolest peaaegu üheaegselt (s.t. väga väikeste ajaintervallide vahedega), kuid sellest ei saa siiski veenvalt järeldada, et selle tulemusena oleksid eraldunud väljad üksteisega kuidagi rohkem funktsionaalselt seotud, mistõttu oleks võimalik ka teadvuse eksisteerimine selles eraldunud väljade süsteemis pärast aju surma. Tavaliselt järgnebki sellele kõrgsagedusliku ajuaktiivsuse perioodile kliiniline surm või kooma seisund.

Väljade eraldumist inimese närvisüsteemist võib nimetada lühidalt „neurokiirguseks“, mis esineb tegelikult pidevalt, isegi siis kui inimene on elus ja terve. Võib väita, et kõige intensiivsem või aktiivseim (s.t. äärmuslikum) neurokiirgus toimub siis, kui inimese ajus esineb kõrgsageduslik aktiivsus ja neuronid ei laengle enam üldjuhul sünkroonselt (ehk toimub nö. „vabalaenglemine“). Selline aju üldine aktivatsiooniseisund esineb enamasti inimese kooma või kliinilise surma eel, mil inimene on täiesti teadvusetus olekus ja ajuaktiivsus hakkab välja lülituma. Kuid sellest ei saa siiski järeldada, et aju kõrgsageduslik aktiivsus oleks kuidagi kehast väljumise „vallandajaks“, kuna ka elus olles esineb neurokiirgust, mis võib olla väga erineva intensiivsusega.

Normaalse aju funktsioneerimisega kaasnevad enamasti madalad ajusagedused (ehk väga pikad ajulained). Kuid aju suremise faasis tekibki lühikeseks ajaks selline olek, mille korral esineb väga intensiivne ajuaktiivsus ehk väga kõrge ajusagedus. Enne aju üldise aktiivsuse lakkamist tõuseb ajuaktiivsuse sagedus lühikeseks ajaks väga suureks. See tähendab, et aju suremise faasis tekib mõneks lühikeseks ajaks kõrgsageduslik ajuaktiivsus, mis on praeguseks ajaks katsetega ja vaatlustega väga hästi tõestatud. Toome siinkohal järgnevalt mõned lühikesed näited teadlaste uurimustest, millest nähtub aju kõrgsagedusliku aktiivsuse esinemine ja ka muud protsessid vahetult enne surma:

> Jimo Borjigin´i 2013. aasta uurimus näitas, et pärast südameseiskumist esinevad ajulained veel umbes 30 sekundit ja seda suurema aktiivsusega. Aju aktiivsus hääbub täielikult pärast südame seiskumist umbes 30 sekundi jooksul. Sealjuures läbib ajuaktiivsuse hääbumine teatud faase. Näiteks 2 sekundit pärast südameseiskumist ajuaktiivsus suureneb, pärast seda väheneb see peaaegu kõikides ajupiirkondades ja veidi enne täielikku ajuaktiivsuse hääbumist suureneb aktiivsus lühiajaliselt üksikutes ajupiirkondades.
>
> Eksperimentaalsed katsed on veenvalt näidanud, et surma piiril aju aktiivsus kasvab. USA Michigani Ülikooli teadlased on näidanud seda, et aju elektriline aktiivsus suureneb vahetult enne surma. Nende arvates seletab see ära inimeste surmalähedaseid kogemusi, mis ilmnevad samuti vahetult enne surma. Näiteks katse surevate rottidega näitas, et loomade ajutegevuse intensiivsus suurenes vahetult enne surma. Sellest järeldavad teadlased, et midagi samalaadset toimub ka inimeste ajus, kui nad kogevad surmalähedasi elamusi. Uuringu juht Jimo Borjigin sõnas: „*Siiani on arvatud, et pärast kliinilist surma, kui verevool ja hingamine lõppeb, kahaneb aju aktiivsus. Uuring näitas, et nii see ei ole*.“
>
> Kuna inimeste kliinilist surma on raske uurida, siis seega tehti katsed rottidega. Katses peatati südametöö 30-ks sekundiks ja selle tagajärjel tekkis neil kõrgsagedusega ajulainete ehk gamma-ostsillatsioonide järsk lisandumine.

Kõrgsagedusega ajulained on seotud neuronite töö ja teadvusel olekuga. Nende katsete juures oli tähelepanuväärne asjaolu veel ka see, et pärast elutegevuse lakkamist oli rottidel selliseid ajulaineid isegi rohkem kui elus ja hea tervisega loomade korral. Uuringu juhi Borgjigini arvates saab sellega ära seletada inimeste surmalähedasi kogemusi. Gamma-ostsillatsiooni lisandumine tõendab näiteks ajukoore suurenenud aktiivsust vahetult enne surma.

Rottide ja ahvidega tehtud katsetel on salvestatud ajus surma eel toimuvat. Need katsed on veenvalt näidanud, et alfa- või beetasageduste aktiivsus surma eel väheneb, kuid gammasagedusribas aktiivsus suureneb. Ajmal Zemmar ja Raul Vicente Tartu Ülikoolist ning nende töörühm on avastanud, et kui inimene saab südamerabanduse, siis vahetult enne seda väheneb mõne ajupiirkonna aktiivsus (täpselt nii nagu oli seda nähtud loomkatsetes). Kuid EEG-seadmega on tuvastatud, et gammasagedusel aktiivsus suurenes. Aju gammasageduslik aktiivsus on mõned minutid enne inimese südamehäireid tunduvalt väiksem. Kõike seda võis ka oletada ainult loomkatsete põhjal. See tähendab seda, et inimeselt kogutud andmed on ühtinud loomkatsetes kogutud andmetega.

Enne südame ja aju töö täielikku lakkamist suureneb plahvatuslikult virgatsainete hulk inimese ajus. See tähendab, et surma lähenedes suureneb inimese ajus virgatsainete hulk plahvatuslikult. Näiteks aju nägemiskeskuse ja otsmikusagara keemiline aktiivsus suureneb mitmekordseks. Otsmikusagar on aju osa, mis juhib inimese teadvust ja mõtteid. Arvatakse olevat, et virgatsainete konsentratsiooni taseme plahvatuslik tõus enne aju ja südame töö lakkamist on aju reaktsioon ohtlikule hapnikuvaegusele, mis esineb mõned minutid enne aju ja südame töö lakkamist.

„Aju oimusagarad hakkavad vallandama neurotransmittereid ka siis, kui aju ei saa kaua aega hapnikku. Vallandub elektromagnetiline energia, mis mõnede teadlaste arvates võibki tekitada SLK-sid. Hõljumise ja lendamise tunne, müstilised kogemused, kehaväline tunne, mälestuste taasaktiveerumine, deja vu kogemus – kõiki neid tundeid võib põhjustada (kuid ei pruugi) aju oimusagara teatud piirkondade liiga suur aktivatsioon.“ (Allikas: „*Life after death, a skeptical inquiry*“, executive producer: Erik Nelson)

Normaalse ajuaktiivsuse korral esineb sünkronisatsiooni rohkem, kuid aju suremise faasis väheneb erinevate ajupiirkondade sünkroonsus peaaegu miinimumi. See tähendab seda, et aju suremise faasis ei laengle neuronid üksteise suhtes enam sünkroonselt, vaid selle korrapära on asendunud kaootilisus ehk mittesünkroonne laenglemine. Aju suremise faasis lakkab sünkronisatsioon peaaegu täielikult ja seetõttu laenglevad neuronid üksteise suhtes enam-vähem kaootiliselt. Kuid aju normaalse aktiivsuse korral esinevad palju rohkem sünkronisatsioone laenglevate neuronite või aktiivsete ajupiirkondade vahel.

Kuna katse surevate rottidega näitas loomade ajutegevuse intensiivsuse suurenemist vahetult enne nende surma, siis sellest järeldavad teadlased, et midagi samalaadset peab toimuma ka inimeste ajus, mis võibki põhjustada surmalähedasi kogemusi. Hõljumise ja lendamise tunne, müstilised kogemused, kehaväline tunne, mälestuste taasaktiveerumine, deja vu kogemus – kõiki neid tundeid võib põhjustada näiteks aju oimusagara teatud piirkondade liiga suur aktivatsioon. Kuid neuroteadusest on teada, et inimese teadvus ei esine väga nõrga neuraalse aktiivsuse korral (näiteks narkoosi või kooma puhul) ja samuti mitte liiga tugeva neuraalse aktiivsuse korral (näiteks epileptilise hoo või elektrišoki korral). Inimese teadvus esineb kesknärvisüsteemide keskmisel aktiivsuse nivool (näiteks ärkveloleku desünkroniseeritud EEG-l). See on üks põhjusi, et miks ei

saa ajutegevuse intensiivsuse suurenemine vahetult enne surma olla tegelikuks põhjuseks inimeste surmalähedastele kogemustele, mida teadlased aktiivselt ja ekslikult hüpotiseerivad. Kõrgsagedusega ajulained on kahtlemata seotud neuronite tööga, kuid ei pruugi olla seotud teadvusel olekuga. Näiteks Mohamad Koubeissi uurimused on näidanud, et kui ajupiirkonda, mida nimetatakse „claustrumiks“, elektriliselt stimuleerida, siis kaotab inimene teadvuse ja suureneb aju üldise elektrilise aktiivsuse sünkroonsus. Claustrumi ajupiirkond töötleb kahe ajupoolkera vahelist suhtlust ja ühendab tähelepanuga seotud piirkondi. Vasak ja parem ajupoolkera moodustavad inimesel eesaju.

Pärast elutegevuse lakkamist on näiteks rottidel kõrgsageduslikke ajulaineid isegi rohkem kui elus ja hea tervisega loomade korral. Uuringu juhi Borgjigini arvates saab sellega ära seletada inimeste surmalähedasi kogemusi. Näiteks gamma-ostsillatsiooni lisandumine tõendab ajukoore suurenenud aktiivsust vahetult enne surma. Kuid ajutegevuse intensiivsuse suurenemine vahetult enne surma ei saa olla tegelikuks põhjuseks inimeste surmalähedastele kogemustele, mida teadlased ekslikult ja aktiivselt hüpotiseerivad. Vahetult enne ajusurma tekib ajus lühikeseks ajaks kõrgsageduslik aktiivsus, mille korral eralduvad väljad ajust hyperruumi tõepoolest peaaegu üheaegselt ehk väga väikeste ajaintervallide vahedega. Kuid ei saa väita, et selle tulemusena oleksid eraldunud väljad üksteisega kuidagi rohkem funktsionaalselt seotud, mis põhjustaks inimese teadvuse esinemist selles eraldunud väljade süsteemis. Väita saab seda, et ajuaktiivsuse lakkamine põhjustaks inimese teadvuse esinemist hyperruumi eraldunud väljade süsteemis, kuna ajus olevad väljad on lakanud eksisteerimast. Sellises kontekstis on võimalik tõepoolest järeldada seda, et:

> „ ...surmalähedased kogemused ehk SLK-d on aju erinevate funktsioonide tagajärg. SLK-d näitavadki seda, kuidas inimene sureb. SLK-d on sureva aju viimaste funktsioonide vallandumine.“ (Allikas: „Life after death, a skeptical inquiry“, executive producer: Erik Nelson)

Kindel on see, et vahetult enne inimese surma eksisteerib ajus tõepoolest kõrgsageduslik aktiivsus. Kuid seda ei esine vahetult enne koomast või kliinilisest surmast ärkamist. Ka sellest võib järeldada, et kõrgsageduslik elektriline aktiivsus ei saa olla kehast väljumise tegelikuks vallandajaks. Näiteks vastupidisel juhul peaks ajus esinema vahetult enne koomast või kliinilisest surmast ärkamist kõrgsageduslik aktiivsus, mis võimaldaks inimesel tulla kehavälisest olekust tagasi bioloogilisse kehasse. Kui kõrgsageduslik aktiivsus oleks inimese kehast väljumise vallandajaks, siis seega peaks see võimaldama tulla ka tagasi kehavälisest olekust bioloogilisse kehasse. Kuid nüüdisaegne meditsiini teadus ei ole tuvastanud kõrgsageduslikku aktiivsust vahetult enne koomast või kliinilisest surmast ärkamist, kuid surmalähedaste kogemuste korral on inimesed sellest hoolimata tulnud tagasi oma bioloogilisse kehasse ja hiljem rääkinud meedikutele oma üleelamistest, mis toimusid nende kliinilise surma ajal.

Vahetult enne surma esinev kõrgsageduslik ajuaktiivsus ei eksisteeri kogu aju piires, vaid seda esineb pigem üksikutes ajupiirkondades. Ka see viitab sellele, et kõrgsageduslik ajuaktiivsus ei saa olla inimese kehast väljumise tegelikuks „vallandajaks“. Vastasel juhul peaks seda esinema kogu aju piires, mitte üksikutes ajupiirkondades. Teadvuse ja psüühika esinemine närvikoe välises väljade süsteemis peaks olema võimalik ainult siis, kui väljad eralduvad kõikides ajupiirkondades või vähemalt suures ulatuses, tagades niimoodi nende ajupiirkondade „rolli“ jätkumise närvikoe välises väljade süsteemis. Teadvuse ja psüühika erinevaid aspekte töötlevad paljud erinevad ajupiirkonnad, mitte üksikud piirkonnad. Üksikute ajupiirkondade korral ei saaks see olla võimalik. Kuid kõrgsageduslik ajuaktiivsus esineb vahetult enne surma tõepoolest pigem üksikutes ajupiirkondades, mitte korraga üle kogu aju. Näiteks 2 sekundit pärast südameseiskumist ajuaktiivsus suureneb, pärast seda väheneb see peaaegu kõikides ajupiirkondades ja veidi enne täielikku ajuaktiivsuse hääbumist suureneb aktiivsus lühiajaliselt üksikutes ajupiirkondades. Kuid kõige uuemad uuringud näitavad palju põhjalikumalt, et millised ajupiirkonnad täpsemalt aktiveeruvad vahetult enne surma. Nendeks on ajukoore tagumine osa, nagu näiteks oimu-, kiiru- ja kuklasagar. Neid seostatakse küll teadvusega, kuid psüühika laiemaks esinemiseks nendest aga ei piisa. Surmalähedased kogemused näitavad, et kehavälises olekus esineb inimesel väga ergas

teadvuslik seisund ja üsna laiahaardeline psüühiline tegevus.

> Inimeste surmalähedased kogemused on näidanud, et kehavälises olekus esineb peale teadvusliku seisundi ka veel näiteks mälestused, mõtlemine, tajud, kognitiivsed võimed, emotsioonid – ehk seega kogu inimese psüühika, milles ei puudu mitte midagi sellist, mis esineks bioloogilises kehas olles. See tähendab, et kehast väljumine ei ole ainult teadvuse „eraldumine“ bioloogilisest kehast, vaid see tähendab kogu psüühika eraldumist bioloogilisest kehast.

2.2.19.10.6 Teadlaste skeptiline analüüs

Teadlased on palju uurinud bioloogilisi mehhanisme, mis võivad esineda surmalähedaste kogemuste taga. Näiteks Michigani ülikooli teadlased on avastanud, et vahetult enne surma on rottide ajus näha elektrilise aktiivsuse suurenemist. 2023. aasta mais õnnestus Michigani ülikooli teadlastel kirjeldada olukorda, mis esines vahetult enne surma kahel patsiendil. Nendel suurenes elektriline aktiivsus sellistes ajupiirkondades, mis on seotud teadvusega. Eriliseks teeb asjaolu see, et patsiendid surid südame seiskumise tõttu ajal, mil vaadeldi nende ajukoore elektrilist aktiivsust. Patsiendid langesid koomasse. Masinad, mis neid elus hoidsid, lülitati välja siis, kui veenduti, et sellest pole enam kasu. Kuid pärast hingamisaparaatide välja lülitamist suurenes kahel patsiendil südameaktiivsus ja ka aju gammalainete aktiivsus, mida seostatakse teadvusega.

Varasemates uuringutes on samuti välja tulnud see, et vahetult enne surma suureneb inimese ajus gammalainete aktiivsus, mis seostatakse teadvusega. Kuid 2023. aasta uuring näitab palju põhjalikumalt, et millised ajupiirkonnad täpsemalt aktiveeruvad vahetult enne surma. Nendeks on ajukoore tagumine osa, nagu näiteks oimu-, kiiru- ja kuklasagar, mida samuti seostatakse teadvusega. Sellest järeldab uuringu kaasautor Jimo Borjigin seda, et „*kui see ajupiirkond aktiveerub, tähendab see, et patsient kas näeb või kuuleb midagi või saab mingeid kehaväliseid aistinguid*“. Sellised uuringud on erilised sellepoolest, et jälgiti aju- ja südameaktiivsust vahetult enne patsiendi surma.

Ajmal Zemmar ja Raul Vicente Tartu Ülikoolist ning nende töörühm on avastanud, et kui inimene saab südamerabanduse, siis vahetult enne seda väheneb mõne ajupiirkonna aktiivsus (täpselt nii nagu oli seda nähtud loomkatsetes). Kuid EEG-seadmega on tuvastatud, et gammasagedusel aktiivsus suurenes. Aju gammasageduslik aktiivsus on mõned minutid enne inimese südamehäireid tunduvalt väiksem.

Skeptiliste teadlaste arvates ei saa tõestada, et gammasagedused, mis esinevad vahetult enne surma ning need gammasagedused, mis esinevad meditatsiooni või meenutamise korral, viitaksid samale või sarnasele ajutegevusele. Selline järeldus teadlaste skeptilisest hoiakust on paraku ebaloogiline ja isegi ebateaduslik. Sellised andmed näitavad üsna veenvalt seda, et vahetult enne surma näeb inimene tõepoolest mingeid mälestusi. See tähendab seda, et surmast pääsenute kirjeldused peavad olema seotud elus inimeste ajus registreeritud tõenditega.

Inimese ajus toimuvad protsessid on üldjuhul äärmiselt keerulised. Kuna teadlased on eri sagedusribade aktiivsust mõõtnud eri tegevuste korral, siis seega kahtlustavadki skeptilised teadlased seda, et kas gammasagedused ja mäletamised-meenutamised on ikkagi omavahel seotud. Ka siinkohal ei ole skeptilisel hoiakul usutavat alust, kuna loomkatsete ja inimaju vaatluste põhjal saadud andmed aju elektrilisest tegevusest vahetult enne surma ja inimeste kirjeldused mälestustest vahetult enne surma annavad üsna usutava info sellest, et gammasagedused, mis esinevad vahetult enne surma ning need gammasagedused, mis esinevad meditatsiooni või meenutamise korral, viitavad siiski samale või sarnasele ajutegevusele.

Skeptilised teadlased rõhutavad, et sellised uuringud ei tõesta inimeste läbielamisi vahetult enne

surma. Sellised väited on aga ebateaduslikud, kuna need põhinevad teadlaste skeptilisel hoiakul, mitte aga katsete ja vaatluste kaudu saadud koondinfol. Inimese ülemäärane või isegi ratsionaalselt mittepõhjendatud skeptiline hoiak mõjutab teaduslike eksperimentide ja vaatluste objektiivsust, mis võib põhjustada andmete valetõlgendamist. Tõsi on ainult see, et ei saa öelda, milliseid mälupilte täpselt näha võidakse vahetult enne surma. Skeptiliste teadlaste argumendid seisnevad ka sellel, et uuring põhineb praegu ainult ühelt inimeselt kogutud andmetele, inimese aju oli saanud trauma ja talle oli haiglas manustatud medikamente. Skeptilised teadlased ütlevad, et need tegurid võisid mõjutada ajutegevust. Kuid need argumendid on siiski ebapiisavad, kuna näiteks loomkatsete peal tehtud uuringuid on tänaseks väga palju ja on tõestatud ka varem esitatud hüpotees, et loomkatsete peal saadud andmed näitavad ka inimese ajutegevust vahetult enne surma. Kuna inimeselt kogutud andmed kattusid loomkatsetes kogutud andmetega ehk varasemad hüpoteesid või järeldused osutusid mõne aja möödudes õigeteks, siis annab see alust teha ka praegu kaugemale ulatuvaid järeldusi. Samuti ka surmaeelseid üleelamisi on ette tulnud nii ajutraumaga inimestel kui ka nendel, kel pole olnud ajutraumasid ega manustatud mingeid medikamente. Võib üsna kindlalt järeldada, et eespool kirjeldatud inimese gammasagedusribas toimuv oleks üsna sarnane näiteks mõne teistsuguse terviseprobleemi tõttu surnud patsiendi EEG andmetega.

Kuid sellised järeldused viivad lõpuks võimaluseni, et näiteks ka rotid või ahvid võivad surma eel näha mingeid mälupilte. Skeptilised teadlased seda ei usu, kuna surmasuust pääsenud ahv ju ei räägi, mida surma eel koges ja seega ei saa seda tõestada. Selline argument ei ole siiski lõpuni pädev, kuna järeldusi saab teha ka inimeste ajude vaatluste põhjal, mida saab siis üle kanda loomadele. Näiteks inimeselt kogutud andmed kattusid loomkatsetes kogutud andmetega ja see annab meile alust uskuda, et näiteks ahvid võivad tõesti midagi enne surma kogeda. Surmasuust pääsenud inimesed ju saavad rääkida.

Normaalse aju funktsioneerimisega kaasnevad enamasti madalad ajusagedused (ehk väga pikad ajulained). Kuid aju suremise faasis tekib lühikeseks ajaks selline olek, mille korral esineb väga intensiivne ajuaktiivsus ehk väga kõrge ajusagedus. Enne aju üldise aktiivsuse lakkamist tõuseb ajuaktiivsuse sagedus lühikeseks ajaks väga suureks. Aju suremise faasis tekib mõneks lühikeseks ajaks kõrgsageduslik ajuaktiivsus. Näiteks suured gammasagedused, mis esinevad vahetult enne surma, näitavad üsna veenvalt seda, et vahetult enne surma näeb inimene tõepoolest mingeid läbielamisi või mälestusi. Sellest järeldavad paljud teadlased, et surmalähedasi kogemusi tekitabki väga kõrge ajusagedus vahetult enne surma. Kuid selline järeldus pole paraku faktidega kooskõlas, kuna pole teada, et kuidas inimesed, kes teatavad oma kehavälistest kogemustest, on võimelised andma nii detailseid ülevaateid selle kohta, mida meditsiiniline personal nende elustamise ajal rääkis või tegi. Veel üllatavamad on hämmastavalt täpsed ülevaated kehavälistest elamustest, mille puhul inimesed on võimelised kirjeldama seda, mis juhtus kusagil mujal, samal ajal nende füüsilised ajud on juba ammu elektrilise tegevuse lakanud ja nende kehad lamavad haigla operatsioonisaalis. Surmalähedaste kogemuste kirjeldustes esineb väga sageli aspekt, mille korral näeb inimene surnud olles ehk ajuaktiivsuse lakkamise korral (isegi suurenenud ajuaktiivsuse lakkamise korral) enda elustamisprotseduure kõrvalt, mida ta ka hiljem arstidele jutustab ja need omakorda kinnitavad tema jutte.

2.2.19.11 Magnetuuringud

2.2.19.11.1 Sissejuhatus

Inimese ajus eksisteerivatel aatomituumadel on olemas impulsimomendid ehk spinnid, sest need

pöörlevad. Seepärast tekitavad prootonid (aatomituumades olevad prootonid omavad positiivset laengut, kuid neutronid on ilma laenguta) magnetvälja, mille mõlemad poolused asuvad aatomituuma pöörlemisteljel. Kuid neid pöörlemistelgi on võimalik pealeasetatud magnetvälja abil mõjutada nii nagu on võimalik suunata näiteks kompassi nõela. Seetõttu võib tekkida aatomituumade resonants. Aatomituumade „ergastumine“ ehk aatomituumade resonantsi tekkimine põhjustab elektromagnetlaine tekkimist, mis liigub ruumis edasi. Näiteks kehavedelikes ja vesinikuaatomi tuum (mida leidub väga paljudes molekulides) on väga head resonaatorid. Järgnevalt kirjeldame aatomituumade resonantsi ja selle kasutamist meditsiinis palju lähemalt.

2.2.19.11.2 Teised kuvandamismenetlused

Peale magnetkuvanduse on olemas veel ka teisigi kuvandamismenetlusi, milleks on näiteks röntgenkuvandus (tavaline röntgenkuvandus ehk röntgenpildi tegemine, geomeetriline tomograafia, arvuti- ehk kompuutertomograafia), nukleaarmeditsiin (gammakaameramenetlus, PET ehk positronemissioontomograafia) ja ultraheliuuring. Tavaline röntgenkuvandus on neist kõigist kõige vanem. Magnetresonantstehnikat on molekulide uurimisel kasutatud keemias juba pikka aega. Sama meetodit on võimalik rakendada ka teatud tuumade jaotuse määramiseks inimkehas. Mõõdetavad signaalid on väga nõrgad, mistõttu saab uurida peamiselt ainult vesiniku (vesiniku ja fosfori) jaotust. Kuid sellegipoolest on magnetkuvandus teistest kuvandamismenetlustest kõige rohkem kasutatavam ja levinum. See on peaaegu asendamatu inimese aju uuringutes ja neuroteaduses.

Näiteks magnetkuvandamise korral moodustub projektsioonipilt sarnaselt röntgenkompuutertomograafia menetlusega, mis on ka projektsioonmenetluse üks põhialuseid. Magnetresonantstehnika on aluseks ka faasikodeerimismenetlusele. Magnetkuvandamise korral ei saa tekkida inimese kudedes ionisatsiooni, mistõttu on magnetkuvandamine inimesele palju turvalisem kui KT- või PET-kuvandamine. Magnetkuva kontrastlahutusvõime on tomograafiakuvast palju suurem, mida võib veelgi suurendada, kui süstitakse veresoonde kontrastainet. Kontrastaineid kasutatakse ka tomograafiakuvandamisel.

Seetõttu keskendume järgnevalt peamiselt magnetresonantstehnika tööpõhimõtte kirjeldamisele ja jätame teised kuvandamismenetlused suurema tähelepanuta.

2.2.19.11.3 Spinnide füüsika

Spinn on osakese omaimpulsimoment, millega on seotud vastav magnetmoment. Näiteks aatomituuma ümber tiirleva elektroni magnetmomendi ja impulsimomendi vahel esineb seos:

$$\vec{\mu} = -\frac{e}{2M}\vec{L}$$

Täpselt samasugune seos tuletatakse ka kvantmehaanikas vastavate operaatoritega:

$$\hat{\vec{\mu}} = -\frac{e}{2M}\hat{\vec{L}}$$

Elektroni spinn $\vec{s}$ ja impulsimoment on ühesuguste matemaatiliste omadustega. Seetõttu on võimalik lainefunktsioonid, mis kirjeldavad elektroni spinni, leida omaväärtusülesandest:

$$\hat{\vec{s}}^2\chi = h^2 s(s+1)\chi$$

ehk

$$\hat{s}_z\chi = h\sigma\chi$$

milles spinni kirjeldav kvantarv on s ja spinni projektsiooni z-teljele kirjeldab σ, kusjuures:

$$\sigma = +s, \dots, -s$$

Elektroni spinn ehk spinni kirjeldav kvantarv on:

$$s = \frac{1}{2}$$

kuid spinni projektsiooni väärtused on:

$$\sigma = +\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$$

Kvantmehaanikas ongi võimalikud nii täis- kui ka poolarvulised spinni väärtused:

$$s = 0, \frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2}, 2, \dots$$

Osakese spinn on teda iseloomustav kindel suurus, kuid muutuvaks suuruseks on ainult spinni projektsioon, omades väärtusi: $\sigma = +s, \dots, -s$. Seetõttu üsna sageli ei kirjutata spinni väärtust, vaid selle asemel kirjutatakse spinni projektsiooni väärtus. Näiteks elektroni korral tähendab $+\frac{1}{2}$ spinni projektsiooni z-telje positiivses suunas ja $-\frac{1}{2}$ tähendab spinni projektsiooni z-telje negatiivses suunas. Väljendatakse ka niimoodi, et spinn on üleval või spinn on all.

Elektronil on olemas omaimpulsimoment ehk spinn. Kõikidel elementaarosakestel ja nende süsteemidel on olemas spinn. Elektronil, prootonil ja neutronil on olemas üks ja sama spinn: $s = \frac{1}{2}$. Footoni spinn võrdub aga ühega. Footoni seisumassi puudumise tõttu omab footoni spinni projektsioon ainult kaks väärtust: +1 ja -1. Prootonite ja neutronite spinnide liitumine annab aatomituuma spinni väärtuse. Tuuma spinni väärtused võivad olla: 0, $\frac{1}{2}$, 1, $\frac{3}{2}$, ...

Kuna magnetmoment ja elektroni spinn on omavahel seotud, siis Sterni-Gerlachi katse tõttu saadakse seos:

$$\vec{\mu}_s = -\frac{e}{M}\vec{s}$$

milles $\vec{s} = -\frac{h}{2}$. Saadud tulemus on sarnane orbitaalse magnetmomendi ja orbitaalse momendi seosega. Selle järgi saame spinni magnetmomendi projektsiooni z-teljele:

$$(\vec{\mu}_s)_z = -\frac{eh}{M}\sigma$$

milles $\sigma = -\frac{1}{2}$. Vastava magnetmomendi väärtus tuleb seega:

$$\mu_s = \frac{eh}{2M} = \mu_B$$

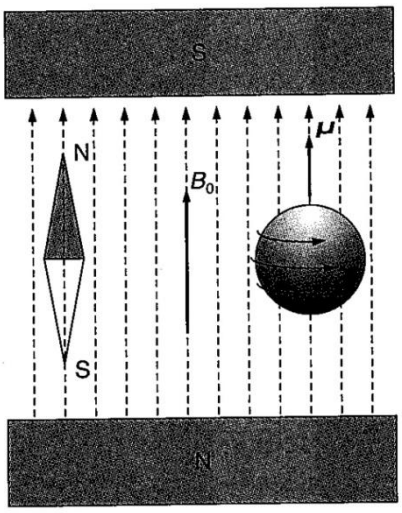
Selline tulemus näitab, et elektroni magnetmoment on aatomis võrdne Bohri magnetroniga, mille väärtuseks on:

$$\mu_B = \frac{eh}{2M} = 9{,}27 * 10^{-24} Am^2$$

Kvantmehaanikas nimetatakse kvantarvu l orbitaalseks kvantarvuks, kuna tsentraalsümmeetrilise välja korral iseloomustab ta osakese impulsimomenti (ehk orbitaalset liikumist). Kvantarvu m nimetatakse magnetiliseks kvantarvuks, sest see määrab impulsimomendi projektsiooni. Kvantarv m on seotud magnetmomendiga, mis on tingitud näiteks elektroni orbitaalsest olekust. See on seotud ka spektrijoonte lõhustumisega magnetväljas. Kerafunktsioonid on sellised omafunktsioonid, mis kirjeldavad kindla impulsimomendi ja selle projektsiooniga olekuid.

2.2.19.11.4 Tuumamagnetresonants

Aatomituumad koosnevad prootonitest ja neutronitest ning aatomituumadel on positiivne elektrilaeng, kuna neutronitel puudub elektrilaeng. Kui me kujutame ette seda, et tuum pöörleb ümber oma kujuteldava telje (ehkki tuum seda tegelikult ei tee), on tuumal magnetmoment μ, mis on liikumishulga momendi J suunaline. Aatomituuma käsitletaksegi piltlikult väikese magnetina. Aatomituumad on termilises tasakaalus ainult siis, kui need eksisteerivad sellises keskkonnas, kus puudub väline magnetväli. Sellisel juhul on tuumade magnetmomendid suunatud ühtlaselt erinevates suundades. Tuumad orienteeruvad välises magnetväljas B_0 magnetvälja suunas. Selline orienteerumine on üsna väike sellises magnetväljas, mis on saadaval laboratooriumides. Joonis:



Prootoni spinn ehk liikumishulga moment tuumas on $\frac{1}{2}$. Kvantmehaanikas tähendab see seda, et prootonil võib olla magnetväljas ainult kaks suunda. See tähendab seda, et prootoni spinn võib olla välise magnetväljaga samasuunaline või vastassuunaline. Neis kahes olekus on prootonil erinev energia:

$$\Delta E = h\frac{y}{2\pi}B_0$$

milles h on Plancki konstant, y on prootoni güromagnetiline suhe ja B_0 on magnetvoo tihedus.

Paaritu arv prootonitest või neutronitest koosnevatel aatomituumadel on olemas magnetmoment. Tuumade magnetmomendid on tavaliselt suunatud meelevaldselt. Aatomituuma magnetmomendi

vektor pöörleb välise magnetvälja suunalise z-telje ümber sagedusega:

$$f_L = \frac{1}{4\pi}\frac{ge}{m}B_0 = \frac{1}{2\pi}yB_0$$

mida nimetatakse Larmori sageduseks. Viimases on g tuuma g-faktor, e elementaarlaeng, m on tuuma mass ja $y = \frac{ge}{2m}$ on tuuma güromagnetiline suhe. Näiteks prootoni g-faktor on g = 5,5855 ja see annab magnetväljas $B_0 = 1\,T$ Larmori sageduseks $f_L = 45{,}58$ MHz. Sellisel juhul on tuumade netomagnetiseerumine z-telje suunaline. Näiteks kui prooton asub välises magnetväljas, mille magnetvoo tihedus on 1 T, ja prootoni güromagnetiline suhe on 2,675 * 10^8 1/Ts, siis saame arvutada prootoni kahe võimaliku oleku vahelise energiavahe järgmiselt:

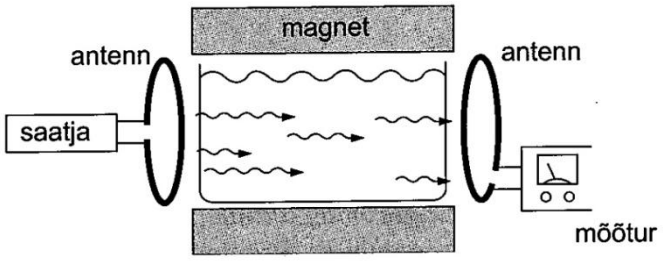
$$\Delta E = h\frac{y}{2\pi}B_0 = 6{,}626 * 10^{-34}Js * \frac{2{,}675 * 10^8\frac{1}{Ts}}{2\pi} * 1T =$$

$$= 2{,}82 * 10^{-26}J \approx 0{,}18\mu eV$$

Selline energiavahe on äärmiselt väike, mis näitab seda, et tuumadel on tegelikult väga raske orienteeruda välises magnetväljas. Väga väikesed häiritused põhjustavad prootoni magnetmomendi suuna muutumist. Nendeks häiritusteks võivad olla näiteks aatomite või molekulide omavahelised põrked. See tähendab ka seda, et ainult väike osa prootonitest on „väljasuunalised“. Prooton on teatavasti vesiniku aatomituumaks.

> See tähendab seda, et orienteerub kõigest väike osa tuumadest ehk piltlikult öeldes mõni tuum miljonist. Kuid sellegipoolest võib seda märgata tundliku mõõteriista abil. Sellist nähtust nimetatakse tuumamagnetresonantsiks ehk TMR või NMR, mille avastasid 1940-ndal aastal Bloch ja Purcell.

Järgnevalt näitame lühidalt seda, et kuidas toimub tuumamagnetresonantsi mõõtmise põhimõte. See toimub veeproovi asetamisega välisesse magnetvälja. Raadiolainet, mille sagedust muudetakse, suunatakse läbi proovi. Vastuvõtuantenn püüab kinni selliseid raadiolaineid, mis on läbinud veemassi. Väikeste raadiolainete sageduste korral ei ole midagi tuvastada. Sellisel juhul läbivad raadiolained häirimatult läbi vee. Vee molekulis on teatavasti kaks prootonit, mis võivad orienteeruda välise magnetvälja suunas, kuid seda siiski vähesel määral. Teatud kindla raadiolainete sageduse korral põhjustavad need tuuma spinni pöördumise. Kui magnetvoo tihedus on 1 T, siis toimub see sagedusel 42,57 MHz. Sellisel juhul on footoni energiaks umbes 2,8 * 10^{-26} J ehk 0,18 μeV. Joonis:



> Vastuvõetud signaali võimsus ja resonants mingil kindlal sagedusel on omavahel seotud. See tähendab vastuvõtuantenniga mõõdetud signaali võimsus sõltub sagedusest.

Selline katse näitab vesinikuaatomite olemasolu registreerimist antud proovis. Näiteks signaal on seda võimsam, mida rohkem on proovis vesinikuaatomeid. Aatomid on üldiselt ühendunud teiste aatomitega, mille korral moodustuvad molekulid. Sama on ka vesinikuaatomiga. Näiteks vee

molekuli keemiline valem on: H_2O, mis tähendab kahte vesiniku aatomit ja ühte hapniku aatomit. Vesinikutuumad orienteeruvad välise magnetvälja järgi, kui näiteks vee molekul peaks sattuma välisesse magnetvälja. Teised tuumad, mis asuvad samas molekulis, mõjuvad aga hoopis häirivalt välisele magnetväljale, mille tõttu kaldub resonantssagedus kõrvale antud sagedusest 42,57 MHz. See ongi põhjus, miks saadakse erinevatest molekulidest erinevaid tulemusi. See tähendab seda, et iga molekuli liigi jaoks saadakse sellele ainuomane spekter. Mida rohkem on molekulis aatome, seda keerulisemad on spektrid ja seda raskem on kõike seda ka tõlgendada.

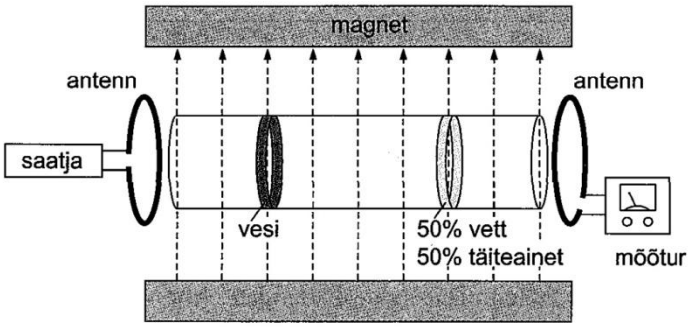
Tuumamagnetresonants võimaldab uurida molekulide ehitust. Sellist meetodit saab kasutada ka sellisel juhul, kui soovitakse proovis leida mingeid kindlaid molekule. Kasutatakse suurust:

$$\delta = 10^6 \frac{f_L - f_{L,T\ MS}}{f_{L,T\ MS}}$$

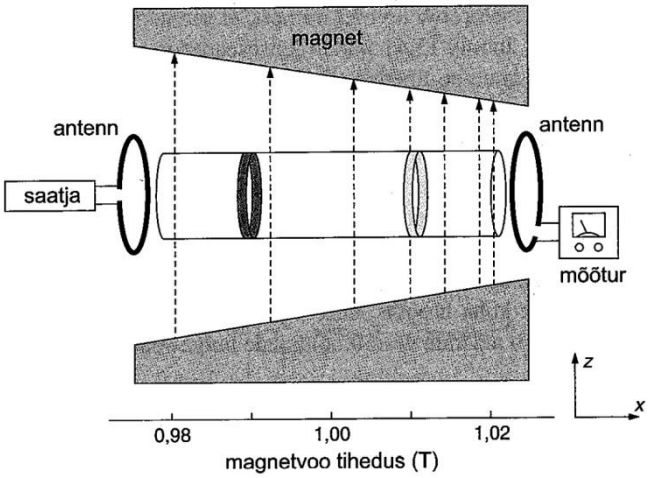
milles on f_L uuritava tuuma Larmori sagedus ja $f_{L,T\ MS}$ on võrdlusaine (näiteks tetrametüülsilaani) Larmori sagedus.

2.2.19.11.5 Magnetkuvandus

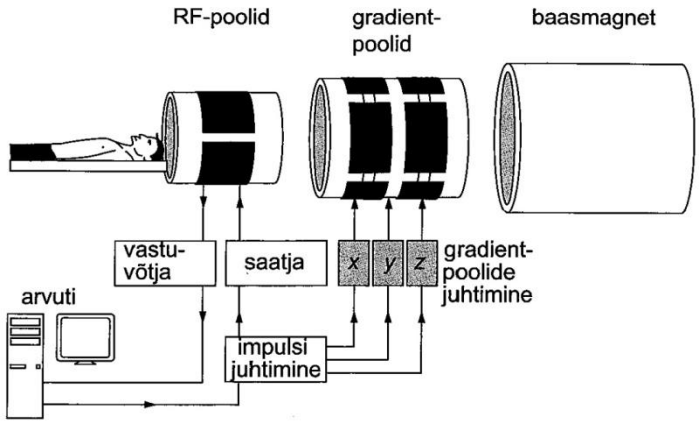
Eespool esitatud tuumamagnetresonantsi mõõtmise põhimõtte kirjeldamisel oli tegemist sellise väikese prooviga, mille korral oli see asetatud kapillaartorus väga tugevasse magnetvälja. Kogu proovi alale oli võimalik tekitada tugev magnetväli, kuna proovi mõõtmed olid väga väikesed. Kui aga väikese proovi asemel oleks vaja uurida suurt inimest, siis sellisel juhul ei saa tekitada tugevat magnetvälja. Maailmas on tehtud selliseid katseseadeid ja mõõtmistulemusi, mille korral on magnetvoo tihedus 1 T ja proovis on erinev hulk vett erinevates piirkondades. Sellisel juhul on ka siin resonantssagedus 42,57 MHz, kuid selle mõõtmistulemused ei ole tähelepanuväärsed. Joonis:



Kuid teistsugune tulemus saadakse siis, kui muuta magnetvoo tihedust (ehk väline magnetväli ei ole enam homogeenne). Sellisel juhul kalduvad resonantssagedused eespool mainitud arvust kõrvale. Välise magnetvoo tihedusest sõltuvad uued resonantssagedused. Uued resonantssagedused võimaldavad kindlaks teha koha proovis, kust pärineb signaal. Signaali võimsus määrab vesinikutuumade hulga selles kohas. Joonis:



Tänapäeval on võimalik luua inimese suuruseid homogeenseid magnetväljasid. Seda nimetatakse baasmagnetväljaks, kuna sellele lisaks tekitatakse selline gradientväli, mille korral tekitatakse magnetvälja ruumilisi muutusi. See aitab määrata vesinikutuumade asukohti inimese kehas, mistõttu on võimalik vesinikutuumade hulga ja asukoha kohta koostada kaardi ehk kuva. Joonis:



Magnetkuvandamise mõõteseadme korral tekitatakse baasmagneti abil tugev staatiline magnetväli magnetvoo tihedusega 2 – 3 T (võidakse kasutada ka palju nõrgemat välja). Magnetväli, mis muutub x-, y- ja z-suunas, tekitatakse gradientpooli abil. RF-pool saadab ja võtab vastu raadiosagedussignaali. Pärast seda juhitakse see signaal vastuvõtjast arvutisse, milles töödeldakse ja analüüsitakse mõõtmistulemusi.

2.2.19.11.6 Relaksatsiooniajad

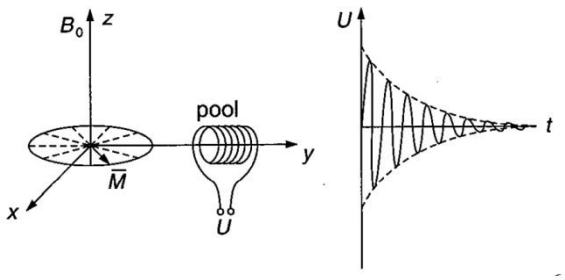
Kui suunata uuritavatele tuumade hulgale selline nõrk magnetväli (ergastusimpulss), mis võngub nende Larmori sagedusel ja mille suund on risti B_0 suunaga, siis sellise ergastusvälja mõju tõttu orienteeruvad tuumade magnetmomendid uues suunas. Tuumade omamagneetumust on võimalik pöörata näiteks 90^0 või isegi 180^0, kui reguleerida ergastusimpulsi kestust ja tugevust.

Ergastusimpulsi mõju lõppemise korral pöörduvad tuumad uuesti tagasi oma esialgsesse suunda ja omamagneetumus läheb tagasi z-telje suunale. Pärast seda kiirgavad tuumad Larmori sagedusega elektromagnetilist kiirgust. Signaale, mis lähtuvad tuumadest, saab mõõta ergastusimpulsse tekitava pooliga. Nende signaalide mõõtmistulemused ja analüüsid võimaldavad anda infot relaksatsiooniaja

T_1 ja T_2 kohta (mis kirjeldavad tuumade algolekusse tagasipöördumist) ja prootonite tiheduse kohta piirkonnas, mida parajasti uuritakse.

Relaksatsiooniaeg T_1 näitab seda, et kui kiiresti taastub tuuma algne B_0-suunaline omamagneetumine. Tuumade pöördliikumise mitteperioodilisusega laenguimpulsi järel on seotud juba relaksatsiooniaeg T_2, mis tuleneb tuumadevahelisest interaktsioonist. Magneetumuse kadumist xy-tasandil tingibki mitteperioodilisus. Näiteks inimese kudedes on relaksatsiooniaeg T_1 umbes 0,2 – 2 sekundit ja relaksatsiooniaeg T_2 umbes 50 – 150 millisekundit.

Relaksatsiooniaja mõõtmiseks kasutatakse sellist katseseadet, mille korral pöördub 90^0-impulsi mõjul magnetmoment $\bar{M}$ xy-tasandisse. Selle tulemusena muutub poolis magnetvoog, mis põhjustab omakorda indutseeritud pinge tekkimist pooli otste vahele. Magnetmomendi pöörlemine põhjustab pinge vaheldumise, mis on joonisel tähistatud punktiiriga kõverate vahel. Joonis:



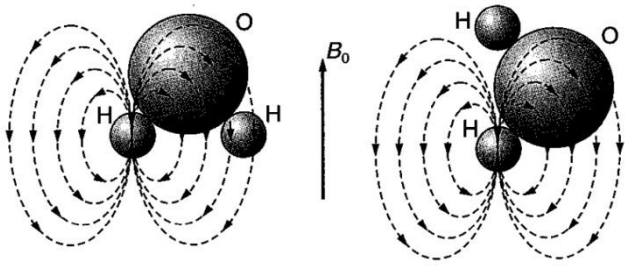
Nõrgeneb tuumade orienteerumine, väheneb magnetmomendi arvväärtus ja mõõdetav pinge väheneb nullini. Selliselt mõõdetud signaali nimetatakse FID-signaaliks, milles esinev „FID“ tähendab inglise keeles „free induction decay“. See võimaldab määrata relaksatsiooniaega T_2^*.

Järgnevalt kirjeldame lühidalt magnetmomendi muutumist 90^0-impulsi välja lülitamise korral. See hõlmab peamiselt magnetmomendi komponentide M_y ja M_z muutumist ja magnetmomendi pöörlemist z-telje ümber pärast 90^0-impulsi välja lülitamist. Näiteks tuumade orientatsiooni muutuse korral 90^0-impulsi mõjul võrdub magnetmomendi M_z-komponent nulliga. Staatiline magnetväli B_0 on z-telje suunaline. Tuuma orientatsioon hakkab 90^0-impulsi lakkamise korral pöörduma z-telje suunaliseks, mis oli tema esialgne asend. Selle käigus kahaneb M_y komponent, kuid suureneb M_z komponent. Samal ajal pöörleb ehk pretsesseerub magnetmomendi vektor ümber z-telje. Selle järgi saadakse mõõtmistulemused.

Relaksatsiooniajast T_2^* on võimalik leida relaksatsiooniajad T_1 ja T_2, kui kõrvaldame välised häiretekitajad ehk väliste väljade mittehomogeensuse. Relaksatsiooniaeg T_1 on seotud spinn-kristallvõre vastastikmõjuga, kuid relaksatsiooniaeg T_2 on seotud spinn-spinn vastastikmõjuga.

Erinevate relaksatsiooniaegade vahel esineb omavaheline sõltuvus.

Näiteks spinn-spinn vastastikmõjuga on seotud vesinikutuuma orienteerumine veemolekulis. Joonis:



Mõõdetud signaal muutub aja jooksul.

Suhtelist pikimagnetmomenti $\frac{M_z}{M_0}$ ja suhtelist ristmagnetmomenti $\frac{M_y}{M_0}$ kujutatakse erinevates graafikutes aja funktsioonina erinevatel relaksatsiooniaegadel T_1 ja T_2.

Kuna erinevatel kudedel on erinevad relaksatsiooniajad, siis seda osatakse meditsiinis otstarbekalt ära kasutada. Näiteks tuleb leida ajateljel selline ajahetk, mille korral on signaalide tugevuse vahe kõige suurem. Kusjuures signaalid on pärit erinevatest kudedest.

Tuumamagnet-kompuutertomograafias kasutatakse magnetkuvandamist, mille korral kasutatakse kahte magnetvälja: staatilist magnetvälja ja gradientvälja. Selline meetod võimaldab luua kuvandatava objekti eri osades olevat erineva suurusega magnetvälja. Gradientvälja abil on võimalik valida punkti, sirge või tasandi, milles olevad tuumad reageerivad ergastusimpulsile. Teatud piirkonnas mõõdetakse tuumade arvtihedust ja relaksatsiooniajad.

Gradientvälja pöörlemine ümber objekti võimaldab moodustada kujutise. Näiteks erinevatest suundadest mõõdetud arvandmed ühendatakse arvutis, mistõttu saab neist moodustada projektsioonipildi sarnaselt röntgenkompuutertomograafia menetlusega. See on projektsioonmenetluse üks põhialuseid.

Sõltuvalt gradientvälja kestusest ja tugevusest võivad tuumade magnetmomendid sattuda pöörlemisel erinevatesse faasidesse. Sellisel asjaolul põhineb faasikodeerimismenetlus.

Prootonite arvtihedust mõõdetakse magnetkuvandamisel. See on põhimõtteliselt sama mis vee ruumilise jaotuse mõõtmine kudedes. Kujutise kontrasti parandamiseks kasutatakse erinevaid kontrastaineid. Selleks sobivad näiteks mõned paramagnetilised ained, näiteks mangaan. Aeg, mis kulub magnetkuvandamiseks, on umbes 1 – 10 minutit ja lahutusvõime on umbes 1 mm (teoreetiline piir on umbes 0,01 mm). Elektromagnetkiirguse sagedus tuumamagnetresonants-kuvandamisel on sageduspiirkonnas, mille korral esinevad raadiosageduslikud lained ($\approx$ 10 MHz). Seetõttu on kvantide energia umbes $1{,}6 * 10^{-27}$ J (ehk 10^{-8} eV). Selletõttu ei saa tekkida kudedes ionisatsiooni, millest võib omakorda järeldada, et magnetkuvandamine on inimesele palju turvalisem kui KT- või PET-kuvandamine.

Magnetkuva kontrastlahutusvõime on tomograafiakuvast palju suurem, mida võib veelgi suurendada, kui süstitakse veresoonde kontrastainet. Kontrastaineid kasutatakse ka tomograafia-kuvandamisel.

2.2.19.11.7 Allikas:

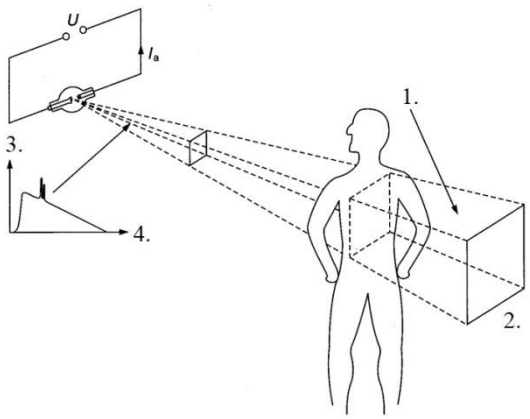
„Santorius, Elusa looduse füüsika“, Peter Holmberg, Juha Perkkiö, Erkki Hiltunen, Kirjastus Ilo ja tõlkija, 2007.

2.2.19.12 Röntgenkuvandus

Tuumamagnet-kompuutertomograafias kasutatakse magnetkuvandamist, mille korral kasutatakse staatilist magnetvälja ja gradientvälja. Selline meetod võimaldab luua kuvandatava objekti eri osades olevat erineva suurusega magnetvälja. Gradientvälja abil valitakse punkt, sirge või tasand, milles olevad tuumad reageerivad ergastusimpulsile. Gradientvälja pöörlemine ümber objekti võimaldabki moodustada kujutise. Näiteks erinevatest suundadest mõõdetud arvandmed ühendatakse arvutis, mistõttu saab neist moodustada projektsioonipildi sarnaselt röntgenkompuuter-

tomograafia menetlusega. Kuna tuumamagnet-kompuutertomograafias on kattuvusi ja sarnasusi suuremal või vähemal määral röntgenkompuutertomograafiaga, siis seetõttu kirjeldame järgnevalt lühidalt röntgenkompuutertomograafia menetluse tööpõhimõtteid, mille kasutamine on meditsiinis magnetkuvandamise kõrval samuti üsna levinud.

Röntgenkompuutertomograafia alusnähtuseks on röntgenkiirgus. Erinevates elundites ja erinevates kudedes neeldub röntgenkiirgus erinevalt. See tekitab erinevusi intensiivsusjaotuses ehk tekib nö. kiirgusreljeef, mis registreeritakse patsiendi tagaosas (1). See tähendab, et röntgenkiirguse neeldumine ja hajumine patsiendis põhjustavad suuri muutusi kiirguse intensiivsuses (3) (energia on tähistatud numbriga 4.), mida on võimalik visualiseerida filmi, ekraani või fosfoorplaadi peal (2). Kiirgus, mis läbib patsiendi, suunatakse vastavate seadmetega filmile, ekraanile, fosfoorplaadile või kiirgusdetektoritele (2). See võimaldab radioloogidel uurida ilmutatud röntgenpildi või fluorestseeruvale ekraanile tekkivat kujutist. Joonis:



2.2.19.12.1 Röntgenaparaadid

2.2.19.12.1.1 Sissejuhatus

Röntgenaparaadiga tekitatakse röntgenkiirgust. Röntgenaparaadi kõige olulisem osa on röntgentoru. Röntgentorus toimub elektronide kiirendamine. Kui elektronid pidurduvad anoodile jõudes, siis saadavad nad välja lühilainelist elektromagnetkiirgust, mis ongi röntgenkiirgus.

Lihtsaima röntgentoru anoodiks on suure massiga vaskelement. Selle katoodi-poolsesse otsa on kinnitatud väike volframi tükike, mis täidaks anoodi märklaua rolli. Vask on üsna hea soojusjuhtivusega, kuid volframil on kõrge sulamistemperatuur, milleks on 3410^0C. Katoodiks on spiraal, mis on keeratud volframtraadist. Spiraali ümbritseb seade, mis suunab elektronide voogu. Volframspiraali kuumutamisel selle hõõgumiseni hakkab sealt emiteeruma elektrone. Anoodi ja katoodi vahel esineb kõrgepinge, mis võib olla suurem kui 10 kV. Elektriväljas, mis asub anoodi ja katoodi vahelises ruumis, kiirenduvad elektronid. Enne anoodmärklauda põrkumist saavutavad elektronid väga suure kiiruse. Kui elektronid aeglustuvad, siis saadavad nad välja niiöelda „pidurduskiirgust“, milleks on elektromagnetkiirgus ehk röntgenkiirgus.

Röntgentorus esineb vaakum, mille korral puuduvad gaasi molekulid. Kui aga esineksid gaasi molekulid, siis elektronid põrkuksid nendega kokku ja selle tulemusena kaotaksid nad energiat.

Kui elektronid põrkuvad märklauaga, siis selle tulemusena muutub elektronide liikumisenergia soojusenergiaks umbes 99%, kuid kiirgusenergiaks muutub kõigest 1%. Arvatakse, et elektronide kogu liikumisenergia neeldub anoodil. Röntgenaparaadi võimsust kirjeldab võrrand:

$$P = UI_a$$

milles I_a nimetatakse anoodvooluks. Näiteks võimsus oleks P = 50 kW, kui U = 100 kV ja $I_a = 500\ mA$.

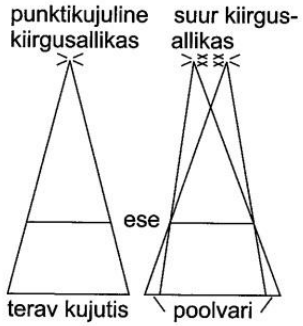
Röntgenkiirguse kvantide energial on olemas maksimaalne võimalik väärtus, mis ei võrdu lõpmatusega. Näiteks kiirenduspinge 200 kV korral oleks elektronide liikumisenergia maksimaalseks väärtuseks umbes 200 keV.

Kui pidurduskiirguseks muutuks kogu liikumisenergia, siis tekiks selline röntgenkvant, mille energia oleks näiteks 200 keV.

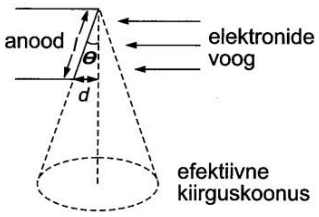
Objekti aatomite ioniseerumine ja vakantside täitumine põhjustab kiirguses karakteristlike joonte tekkimist, mistõttu nimetatakse sellist kiirgust ka karakteristlikuks kiirguseks. Seda esineb ka röntgenspektris. Elektronkihi ja saabuva elektroni kihi seoseenergiate vahe on täitunud tekkiva röntgenkiirguse energiaga.

2.2.19.12.1.2 Diagnostikaaparaadid

Kui kiirgusallikas on punktikujuline võrreldes kiiritatava objektiga, siis tuleb röntgenpilt üsna terav. Vastupidisel juhul võib tekkida poolvari. Joonis:



Paigaloleva, viltuse anoodi poolt tekitatava kiirguskoonuse korral on konstrueeritud võimalikult väike kiirgusallikas. Joonis:

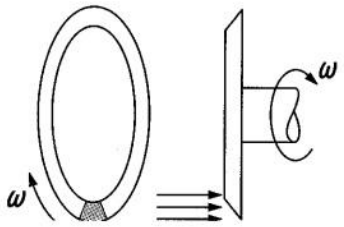


Nurk θ on tavaliselt 16 – 17,5^0. Näiteks nurga θ = 16^0 juures oleks nähtava laiuse d = 2 mm korral anoodi laiuseks:

$$l = \frac{d}{sin\theta} \approx 7{,}3\ mm$$

Kiirguskoonuse laius sõltub nurgast θ: mida väiksem on nurk θ, seda peenem on kiirguskoonus.

Kuna osa elektronide liikumisenergiast muundub anoodil soojusenergiaks, siis seega soojeneb paigalolev anood. Suure rakendatava koormuse korral konstrueeritakse anood nii, et see pöörleks. Joonis:



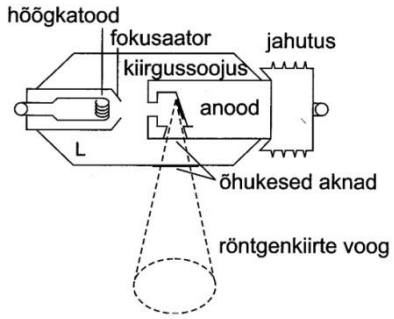
Võrreldes paigaloleva anoodiga on pöörleva anoodi korral suurem efektiivne kogupindala ja väiksem energia neeldumine pindalaühiku kohta. Anoodi kiirus võib ulatuda 3300 – 8500 pöördeni minutis. Kõige suurema kiiruse saavutab anood umbes 0,8 sekundit pärast mootori käivitamist, mis paneb anoodi pöörlema. Seejärel pandakse röntgentoru elektrilise pinge alla.

Anoodil ehk kui märklaual on olemas selline osa, mida nimetatakse röntgentoru fookuseks. Sellesse osasse langeb elektronide voog ja sellest osast lähtub ka röntgenkiirgus. Näiteks 4 mm^2 fookuse pindala korral võib anoodvool ulatuda 500 mA-ni. Kuid 1 mm^2 pindala korral võib vool olla kuni 200 mA. Üle selle voolu tugevuse võib esineda anoodi ülekuumenemine.

Sõltuvalt sellest, millise kvaliteediga kujutist soovitakse saada, kasutatakse säritusaegu, mis on erineva pikkusega. Näiteks lühikesed säritusajad kestavad murdosa sekundist, kuid pikad säritusajad kestavad mitmeid sekundeid. Lühikese säritusaja korral võib fookuse koormus olla võrdeline tema pindalaga. Sellest järeldub, et fookuse koostisest ei sõltu fookuse erikoormatavus. Erikoormatavus tähendab lubatud võimsust pindalaühiku kohta.

2.2.19.12.1.3 Teraapiaaparaadid

Röntgenkuvandamise aparaadid ja röntgenteraapiaaparaadid, mida kasutatakse näiteks patsientide kiiritusravis, on üksteisest erinevad. Joonis:



Üks seanss võib kesta umbes 5 – 10 minutit. Selle aja jooksul annavad elektronid ära anoodile väga palju soojusenergiat. Sellepärast jahutataksegi anoodi, mille korral pannakse õli, mis on jahutatud veega, ringlema ümber massiivse anoodi.

Pinge väärtus süvateraapia aparaadil on tavaliselt 200 kV. 30 mA anoodvoolu korral on masina võimsuseks 6 kW.

2.2.19.12.1.4 Anoodi koormatavus

Röntgentoru anoodil on olemas õhuke volframi kiht, mis on tavaliselt kinnitatud massiivsele vasest alusele. Vase sulamistemperatuur on 1083^0 C, kuid volframil on see 3410^0 C. Sellest tulenevalt piirab vase temperatuur anoodi koormatavust. Anood soojeneb kõige enam sellisel pinnal, kuhu langevad elektronid. Soojus levib sealt edasi anoodi teistesse osadesse. Niimoodi muutub temperatuur anoodis.

Volframi ja vaset läbiva ühesugust soojusenergia hulka kirjeldab võrrand:

$$\frac{\lambda_1 A_1}{L_1}\Delta T_1 = \frac{\lambda_2 A_2}{L_2}\Delta T_2$$

milles ΔT_1 on volframi temperatuuri muutus ja ΔT_2 on vase temperatuuri muutus. Võrrandis on λ_1 volframi ja λ_2 vase soojusjuhtivus ning A_1 ja A_2 on vastavalt nende ristlõikepindalad. Viimasest võrrandist on võimalik leida volframkihi suurima temperatuuri:

$$T_1 = T_x + \frac{\lambda_2}{\lambda_1}\frac{A_2 L_1}{A_1 L_2}\Delta T_2$$

T_x on vasekihi suurim temperatuur, mille väärtuseks võib olla 1083^0C. Vase ja volframi soojusjuhtivuste suhe on ligikaudu:

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} \approx 2{,}2$$

Volframkihi paksus võib olla L_1= 2 mm ja vasekihi paksus võib olla L_2 = 100 mm. Vasekihi temperatuur võib olla T_2 = 100 ^{0}C. Võrrandi

$$T_1 = T_x + \frac{\lambda_2}{\lambda_1}\frac{A_2 L_1}{A_1 L_2}\Delta T_2$$

abil on võimalik välja arvutada volframi suurimad temperatuurid erineva pindalade suhte korral. See tähendab, et on võimalik leida volframanoodi välispinna temperatuur T_1 suhte $\frac{A_2}{A_1}$ erinevatel väärtustel.

Suhte $\frac{A_2}{A_1}$ suurenemise korral muutub volframiosa pindala väiksemaks ja seega ka fookus. Väiksema vase temperatuuri korral, mis võib võrduda näiteks T_x = 450 ^{0}C, võib saada fookuse jaoks väiksemad väärtused. Sellisel juhul ei pea volframi temperatuur tõusma üle kriitilise piiri, milleks on 3410 ^{0}C. Sellest tulenevalt peab toru võimsus olema väiksem, mille korral jõuab soojus anoodilt eemalduda. Võib öelda, et fookuse suuruse paremaks tegemisel muutuvad halvemaks võimsus ja kiirguse intensiivsus.

Anoodi ristlõikepindala A läbib soojushulk Q ajaperioodi t jooksul, mille seaduspärasus on avaldatav järgmise võrrandina:

$$\frac{Q}{A} \propto \sqrt{t}$$

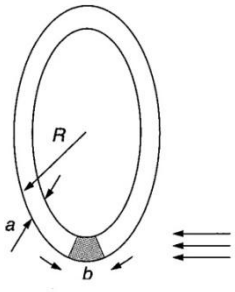
Kõige suuremat väärtust, mis esineb paigaloleva anoodi kiiritamisajal, tähistame: t_k. Sellisel korral on anoodil tekkiva soojushulga seaduspärasus järgmine:

$$Q_k = kA_k\sqrt{t_k}$$

milles k on võrdetegur ja A_k= ab on fookuse suurus. Pöörleva anoodi korral võrdub selle pindala:

$$A_p = 2\pi Ra = \left(\frac{2\pi R}{b}\right) A_k$$

Pöörlev anood, joonis:



Kui anood teeb ühe täispöörde ajaperioodi t_k jooksul, siis seega avaldub ala ab kiiritusaeg:

$$t_p = \left(\frac{b}{2\pi R}\right) t_k$$

Selles tekkiv soojushulk on arvutatav järgmiselt:

$$Q_p = kA_k\sqrt{t_p} = kA_k\sqrt{\frac{b}{2\pi R}\,t_k}$$

Kogu anoodis tekkivat soojushulka saab arvutada valemist:

$$Q_t = \frac{A_p}{A_k}\,Q_p = kA_p\sqrt{\frac{b}{2\pi R}\,t_k} = \sqrt{\frac{2\pi R}{b}}\,Q_k$$

Sellest järeldub, et pöörlev anood talub suuremat soojushulka võrreldes paigaloleva anoodiga.

Anoodi suure pöörlemiskiiruse ja väikese kiiritusaja korral on kasutatav fookuspinna ala suurem, kuna tõeliselt fookuspinnalt kandub soojus kiiresti ära. Ajaperioodi t_k jooksul kasutatav fookuspind on kirjeldatav järgmiselt:

$$A'_p = \left(\frac{w}{2\pi}\right) t_k A_p$$

milles w on anoodi nurkkiirus. Ala ab kiiritusaeg avaldub:

$$t'_p = \left(\frac{b}{wR}\right)$$

ja selles tekib samuti soojushulk:

$$Q'_p = kA_k\sqrt{t'_p} = kA_k\sqrt{\frac{b}{wR}}$$

Anoodi koormatavus avaldub järgmiselt:

$$Q'_t = \frac{A'_p}{A_k}\,Q'_p = kA'_p\sqrt{\frac{b}{wR}} = \sqrt{\frac{wRt_k}{b}}\,Q_k$$

Sellest on näha seda, et koormatavus on seotud anoodi pöörlemiskiirusest ning anoodi kogupindala ($\approx 2\pi Ra$) ja fookuse pindala (= ab) suhtest.

2.2.19.12.1.5 Röntgenkiirguse intensiivsuse ja doosi reguleerimine

Kiirgus lähtub röntgenaparaadist. Kiirguse hulk ja selle doos, mis antakse patsiendile, sõltuvad toru pingest, anoodvoolust ja kiiritusajast. Kõik need suurused on muudetavad ja mõõdetavad, mille täpsuses ja usaldusväärsuses ei ole põhjust kahelda.

Pinge väärtus, mis esineb röntgentoru anoodi ja katoodi vahelises ruumis, on tavaliselt umbes 100 kV. Selline pinge on juba kõrgepinge, mis saadakse elektrivõrgust trafo abil. Stabiilset trafo sisendpinget saadakse automaatset pingeregulaatorit kasutades, mille tööpõhimõte seisneb induktsiooni nähtusel. Trafodele kantakse üle selline pinge, mis väljub automaatsest pingeregulaatorist. Üks trafo annab pinget katoodi küttepingeks ja teine trafo anoodi ja katoodi vaheliseks kõrgepingeks.

Pinge, mis väljub trafodest, on üldjuhul vahelduvpinge. Kuna elektronid peavad liikuma katoodilt anoodile, siis selleks tuleb pinget alaldada. Alaldamine annab anoodi ja katoodi vahele alalispinge, mis võib kõikuda rohkemal või vähesel määral. See sõltub juba alaldamise viisist. Kolmefaasilise pinge kasutamise ja täisperioodalaldamise korral saavutatakse kõige siledam alalispinge.

Anoodi ja katoodi vahel liigub anoodvool. See on vool, mis sõltub katoodilt emiteeruvate elektronide hulgast. Näiteks suurema katoodi temperatuuri korral emiteerub elektrone palju rohkem võrreldes väiksema temperatuuri juhuga. See ongi põhjus, et miks katoodid konstrueeritakse just hõõgkatoodidena. Automaatne pingeregulaator annab hõõgkatoodile vajaliku küttepinge. Kasutades resistorsüsteemi saab reguleerida katoodi küttepinget. Küttepingest sõltub katoodi temperatuur ja anoodvool on võrdeline küttevooluga.

Röntgentoru pingest U ja anoodvoolust I_a sõltub kiirguse intensiivsus, millest sõltub omakorda kiirguse koguhulk. Kiirguse koguhulk sõltub ka kiiritusajast. Valemites esinev korrutis UI_at sõltub pingest ja seda lineaarselt.

Kiirgusfüüsikas kasutatakse sellist võrrandit:

$$A = kZI_aE_m^2 \propto I_{tot}$$

millest saadakse kiirguse koguintensiivsus:

$$I_{tot} \sim ZI_aU^2$$

Selles peab arvestama röntgenkiirguse maksimumenergiaga:

$$E_m = Ue$$

Kiiritusaja t korral saab kiirgushulka arvutada järgmiselt:

$$ZI_aU^2t$$

Sellega on ligikaudu võrdeline ka patsiendile saadav kiirgusdoos. Peale selle mõjutavad patsiendile antavat kiirgusdoosi ka veel kasutatav filter, kollimatsioon ja hajukiirtevõre. Peab märkima seda, et pideva spektri kuju erineb ideaalkujust tegelikkuses õige pisut.

Kiirguse hulk ja kiirgusdoos on võrdelised kiiritusajaga. Aega mõõdetakse erinevate kelladega. Näiteks võidakse kasutada ette fikseeritud soovitud säritusajaga mehaanilist kella. Kuid kahjuks ei ole selline kell väga täpne. Näiteks ajaperioode, mis on lühemad kui 250 ms, ei saa enam mõõta.

Mehaanilisest kellast täpsem on sünkroonkell. See töötab vahelduvpinge taktis, mis tuleb vooluvõrgust. Sünkroonkellaga on võimalik mõõta 20 ms pikkusi ajaperioode. Kuid sellist kella ei saa kasutada kiiretel seeriamõõtmistel, kuna sellist kella tuleb pärast igat mõõtmist nullida.

Peale mehaanilise kella ja sünkroonkella kasutatakse ka veel elektroonilist kella, mis on nendest kolmest ilmselt kõige parem. Elektrooniline kell võimaldab aega mõõta millisekundi täpsusega. Elektroonilist kella saab kiiresti nullida ja sooritada seeriamõõtmisi ühes sekundis umbes 50 korda.

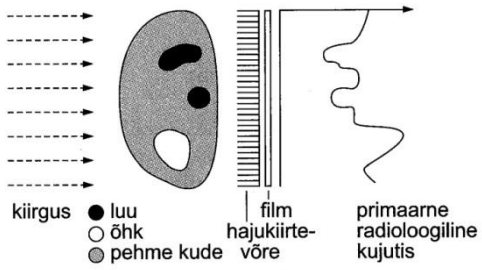
Kiirgushulk on võrdeline anoodvoolu ja aja korrutisega. Selline seaduspärasus võimaldab mõõta voolutugevust ja ajaperioodi üheaegselt. Kui korrutise $I_a t$ väärtus, mis on soovitud, on saadud, siis lõpeb kiiritamise protsess. Kiirgust, mis jõuab filmile, on võimalik mõõta ka erilise seadme abil. Selline seade lülitub välja sobiva kiirgushulga saamise korral.

2.2.19.12.1.6 Diagnostiline radioloogia

Kiirgus läbib erinevaid aineid erineval viisil. Selline seaduspärasus on röntgenpildi tekitamise üheks põhialuseks. Röntgenkiirgust neelavad rohkem suurema järjekorranumbriga elemendid võrreldes väiksema järjekorranumbriga elementidega. Röntgenkiirguse energiast sõltuvad sellised tegurid nagu näiteks aine massnõrgestustegur μ_m ja lineaarnõrgestustegur μ.

Näiteks plinkluu ja lihase lineaarnõrgestustegur sõltub kiirguse energiast.

Kiirgus jõuab filmi teatud kohta, mille tagajärjel tekib röntgenpilt. Selle kiirguse intensiivsus sõltub kuvatava objekti materjalijaotusest. Joonis:



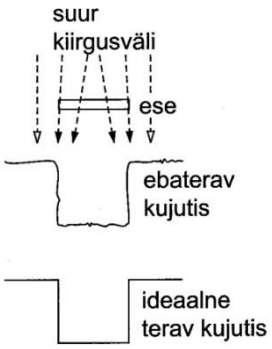
Objekti läbib kiirgus, mille intensiivsuse jaotus tekitab primaarse radioloogilise kujutise. Aparaadis on olemas selline kuvatasand, millel asetseb röntgenfilm või fosfoorplaat. Sellele tekibki röntgenpilt. Filmi töötlemise või fosfoorplaadi lugemise korral on näha seda, et kiirguse neeldumise erinevused kudedes paistavad erineva tumeduse piirkondadena. Kuvatasandile, mis on läbivalgustatud, tekib pilt. See muudetakse nähtavaks kuvandiks fluorestseeruva ekraani abil. Näiteks kiirgus, mis on tugeva intensiivsusega, paistab filmil musta kohana, kuid ekraanil on see hele.

Kiirgus, mis on läbinud patsiendi, sisaldab uuritava piirkonna kohta infot sisaldavast primaarsest kiirgusest ja peale selle ka veel hajunud kiirgusest, mis on segav faktor. Segavat hajuvat kiirgust vähendatakse sobiva hajukiirtevõre ehk kollimaatori abil. Suuri häireid põhjustavad näiteks ka sellised muutused, mis esinevad seadmetes endas. Info hulk võib kujutise moodustamisel väheneda, mitte suureneda.

Röntgenpildi kvaliteedi määravad ära sellised suurused nagu näiteks heledus, teravus, lahutusvõime, kontrastsus, „udusus“ ja teralisus. Röntgenpildi kvaliteeti mõjutavad sellised tegurid nagu näiteks footonite voog, energiavoog, kiirguse intensiivsus ja heledus.

Heledus on üks paljudest faktoritest, mis määrab ära pildi detailsuse. Füüsika seisukohalt määrab heleduse ära footonite ehk röntgenkvantide hulk Φ (kvanti/cm^2), mis langevad kujutise pinnale pinnaühiku kohta. Seega suurus Φ on footonite voog. Väikese footonite hulga korral ei saa head kujutist. Suur footonite hulk tekitab filmile tumeda koha, kuid fluorestseeruvale ekraanile tekitab see heleda koha.

Kujutis, mis võib tekkida, võib olla ebaterav hoolimata kuvatava objekti selgepiirilisusest. Kujutise ebateravuse võib põhjustada suur röntgentoru fookus, objekti servade ja kiirguse mitte samasuunalisus või liiga suur hajunud kiirguse osa. Joonis:

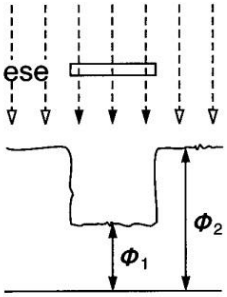


Mida suurem on aparaadi lahutusvõime, seda paremini oskab aparaat eristada objektis kahte lähedal olevat joont. Diagnostiline röntgenaparaat võimaldab tekkinud kujutises eristada üksteisest umbes 30 joont millimeetri kohta. Kuid varjestussüsteem võimaldab eristada ainult ühe millimeetriste vahedega jooni.

Röntgenkvantide voo muutuse ja algupärase voo väärtuse suhe määrab ära objekti kontrastsuse:

$$C_\Phi = \frac{\Phi_1 - \Phi_0}{\Phi_0} = \frac{\Delta\Phi}{\Phi_0}$$

milles Φ_0 on röntgenkvantide voog enne objekti ja Φ_1 pärast objekti. Kiirguse mitteläbimise korral objektist esineb selline võrdus: $\Phi_1 = 0$, mistõttu: $C_\Phi = -1$. Mitteneeldumise korral võrdub $\Phi_1 = \Phi_0$ ja $C_\Phi = 0$. See näitab seda, et kontrastsus muutub ainult väärtuste -1 ja 0 vahel. Joonis:



Kuna footonite vooga on võrdeline ka kiiritus, siis seega kirjeldatakse kontrastsust ka sellise suhtega:

$$C_X = \frac{X_1 - X_0}{X_0} = \frac{\Delta X}{X_0}$$

milles X_0 on kiiritus enne objekti ja X_1 on kiiritus pärast objekti.

On olemas ka selline suurus nagu kiirituskiirus $\dot{X}$. See on võrdeline kiirguse intensiivsusega. Kui me jagame X_0 ja X_1 kiiritusajaga, siis saamegi tulemuseks kiirituskiiruse, mis on võrdeline kiirguse intensiivsusega.

Kontrastsust kirjeldatakse vahel ka kiirguse intensiivsuse muutuse kaudu, mis väljendub järgmise valemina:

$$C_I = \frac{I_1 - I_0}{I_0} = \frac{\Delta I}{I_0}$$

Röntgenpildis eristuvad väga hästi kaks kõrvuti olevat ala, millede kontrastsused on üksteisest väga erinevad.

Hajunud kiirgus on filmil näha „udususena“. See vähendab kontrastsust, kuid hajunud kiirgust ei ole võimalik täielikult ära kaotada.

Röntgentoru elektronivoos leiavad aset juhuslikud muutused, mis põhjustavad pildi teralisust.

2.2.19.12.1.8 Röntgenfilm

Kujutise tekkimise põhimõte röntgenfilmil ja tavalisel filmil on suuresti ühesugune. Filmis on sellised väikesed hõbebromiidikristallid, milles tekivad keemilised reaktsioonid ja seda röntgenkiirguse toimel. Sellisel viisil tekib kujutis, mis on nö peidetud ehk latentne. Kiirgusega kokkupuutunud kristallid muutuvad ilmutamisel hõbedaks, mis on metallilised. Hõbebromiid, mis jääb järele, eemaldatakse kinnitamise protsessi jooksul. Kiirgusega kokkupuutunud piirkonnad jäävad filmile tumedate kohtadena, mida põhjustabki metalliline hõbe. See tähendab, et hõbeda hulk väljendub piirkonna tumedusena, kuid see sõltub antud piirkonnaga kokkupuutunud kiirguse kogusest.

Densitomeeter on selline aparaat, mis võimaldab mõõta filmi tumedust. Selles on olemas valgusallikas ja seadeldis, mis mõõdabki filmi läbivat valguse intensiivsust. Filmi optilist tihedust kirjeldab võrrand:

$$D = log\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

milles I_0 on filmi siseneva valguse intensiivsus ja I on filmist läbi mineva valguse intensiivsus. Viimasest võrrandist saadakse selline võrrand, mis kirjeldab valguse intensiivsust:

$$I = I_0 10^{-D} = I_0 e^{-Dln10}$$

Näiteks tihedus võrdub ühega ehk D = 1 juhul, kui filmi läbib 1/10 valgusest. Röntgenfilmi optiline tihedus on tavaliselt 0,3 – 2,0. Kahest suurema korral peab kujutist vaatlema vaid väga tugeva valguse käes.

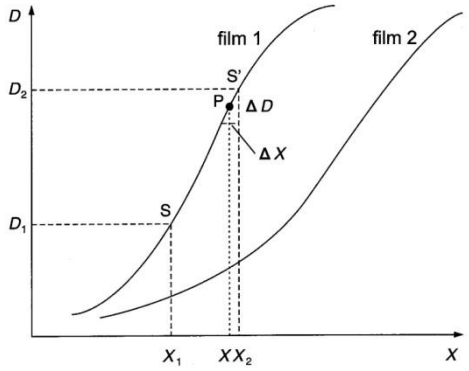
Filmi läbinud valguse intensiivsuse suhtelist muutumist saab arvutada järgmiselt:

$$\frac{\Delta I}{I} \approx -ln10 * \Delta D$$

Kui tiheduste erinevus oleks $\Delta D = 0{,}05$, siis on seda veel võimalik avastada. Seda juhul kui pinna ääred on teravad. Sellest väiksemaid tiheduste erinevusi pole enam võimalik avastada. Intensiivsuste suhteline muutus avaldub sellisel juhul järgmiselt:

$$\frac{\Delta I}{I} \approx -0{,}12$$

Filmi optiline tihedus sõltub kiiritusest, mille suurusjärk on umbes 10^{-7} A/kg. Filmi optilise tiheduse kiiritust on võimalik esitada funktsioonina, mis iseloomustab röntgenfilmi karakteristliku kõverana. Joonis:



Erinevate objektide eristumine kujutisel sõltub karakteristliku kõvera tõusust. Gamma-arv y ehk gradatsioon kirjeldab kõvera tõusu, mida on võimalik arvutada järgmiselt:

$$y = \frac{D_2 - D_1}{\log\left(\frac{X_2}{X_1}\right)}$$

Selles on D_1 ja D_2 optilised tihedused, mis on põhjustatud kiiritatuste X_1 ja X_2 poolt. Gamma-arvu arvutatakse tavaliselt sealt, kus esineb karakterisliku kõvera järsem koht. Lähedal olevate punktide korral saab arvutada ka ligikaudu:

$$y \approx ln10 * \frac{\Delta DX}{\Delta X}$$

Filmi gamma-arv y kirjeldab kahe erineva kontrastsusega piirkonna eristumist pildil. Näiteks suure gamma-arvu korral on filmi karakteristlik kõver üsna järsk. Sellisel juhul saab eristada väikseid kontrastsuse erinevusi. Filmi kiiritusala on sellegipoolest üsna kitsas. Objekti piirkonnad, mis neelavad valgust nõrgemalt, võivad muutuda ülevalgustatuteks. Kuid objekti piirkonnad, mis neelavad valgust tugevamalt, võivad muutuda alavalgustatuteks.

Väiksema gamma-arvu y korral on filmi karakteristlik kõver palju laugem. Sellist filmi kasutatakse siis, kui objektil esineb palju erinevaid lauge neeldumisega piirkondi. Kiirgus, mis jõuab filmile, muutub laias vahemikus. Näiteks kui pildistatakse inimese kopse, siis kasutataksegi sellist filmi, mis on laugete omadustega.

Kui muuta röntgentoru pinget, siis see võib mõjutada röntgenpildi kontrastsust. Näiteks kontrastsus väheneb pinge suurenemise korral. Kuid kiirguse läbimiseks mingist uuritavast alast peab pinge olema selleks ikkagi piisavalt suur.

Röntgenfilmil on väike optiline tihedus (baastase) hoolimata sellest, et kas seda on kiiritatud või mitte. Seda võib põhjustada taustkiirgus või liiga suur säilitustemperatuur. Optiline tihedus (baastase) ei tohi ületada väärtust suurusega 0,2.

Filmi kiirus on selline suurus, mis iseloomustab filmi tundlikkust kiirgusele. Näiteks sellise optilise tiheduse D = 1 saavutamiseks, mis on tugevalt üle baastaseme, on vaja kiirgust X. Kui kiiritust avaldada ühikutes R

$$1R = 2{,}58 * 10^{-4}\ C/kg$$

siis filmi kiiruseks on seega 1/X. Näiteks kui tihedus oleks D = 1 ja kiiritus oleks 5 mR, siis filmi kiiruseks saaksime 1/0,005 = 200.

Röntgenpildis eristuvad üksteisest inimese erinevad koed nagu näiteks rasvkude, pehme kude, luu jne. See tuleneb otseselt sellest, et erinevate kudede lineaarnõrgestustegurid μ erinevad üksteisest. Kontrastained toovad rohkem nähtavale selliseid piirpindasid, mis võivad muidu märkamatuteks jääda. Kontrastaine, milleks on tavaliselt õhk, joodi- või baariumisisaldusega segu, võimaldab muuta piirpinna ühe poole lineaarnõrgestustegurit. Selleks võib olla näiteks inimese mao või soolestiku lineaarnõrgestustegur.

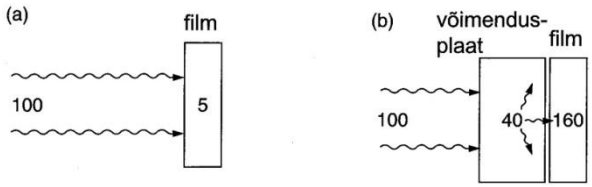
2.2.19.12.1.9 Võimendusplaadid

Filmimaterjaliga ei reageeri kogu röntgenkiirgus, mis tähendab seda, et filmiemulsioonile jätab oma jälje kõigest 5% kõikidest röntgenkvantidest. See sõltub muidugi pinge väärtusest. See tähendab, et suurem osa kiirgusest läbib filmi üsna edukalt. Selline asjaolu põhjustas filmikassettide kasutusele võtmist, mis on oma olemuselt filmi ja võimendusplaatide kombinatsioonid. Tööstuslikud $CaWO_4$-võimendusplaadid olid ühed esimesed, mis valmistati juba aastal 1896. Võimendusplaadid neelevad röntgenkvante väga suures ulatuses (umbes 40%) ja seejärel kiirgavad selliseid footoneid, mis on juba nähtava valguse osakesed. Umbes 800 footonit tekivad ühe röntgenkvandi neelamisel. 800 footonist umbes pooled jõuavad röntgenfilmile, mis on tundlik ka valguse suhtes (umbes 1%). Võimendusplaat võimaldab tekitada röntgenfilmis palju tugevamat reaktsiooni võrreldes juhuga, mil seda ei kasutata.

Puhtale filmile võivad tekitada latentse kujutisepunkti umbes viis röntgenkvanti sajast (a). Viis röntgenkvanti tekitab võimendusplaadis umbes 40 footonit, mille tagajärjel tekib filmile umbes 160 latentset kujutisepunkti (b):

$$160 = 40 * 800 * 0{,}5 * 0{,}01$$

Joonis:



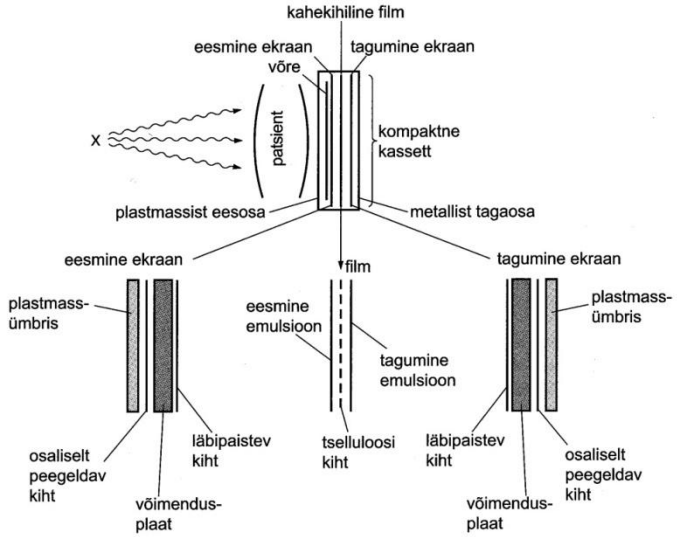
Võimendusplaate toodetakse erinevatest materjalidest ja erinevad võimendusplaadid erinevad üksteisest efektiivsuse poolest. Plaadi paksusest sõltub kiirguse intensiivsus ja hajumisvõime.

Näiteks võimendusplaadist lähtuvat rohelist valgust põhjustab võimendusplaadi materjal nimega gadoliiniumoksisulfiid (Gd_2O_2S:Tb), mis on aktiveeritud terbiumiga. Sinise valguse korral kasutatakse materjali: $CaWO_4$, LaOBr:Tm või $BaPbSO_4$. Ultraviolettvalgust kiirgab materjal: $YTaO_4$. Võimendusplaadi poolt kiiratavale valgusele peab kasutatav film olema võimalikult tundlik.

Kui võimendusplaadi paksus on õhuke, siis sellega saadakse parem filmi lahutusvõime võrreldes paksema plaadiga. See tuleneb otseselt sellest, et väikese kujutisepunkti põhjustab selline röntgenkvant, mis tekitab footoneid plaadis filmi lähedal, mitte sellest kaugemal.

Kiirus S on selline suurus, millega kirjeldatakse võimendusplaadi-filmisüsteemi tundlikkust. Kiireid filme ei soovitata kasutada, kui me ei pea arvestama muid asjaolusid. Kindlasti peab arvestama lõpliku kujutise teravusega, kontrastsusega ja teralisusega.

Röntgenkuvanduse ja kahekihilise röntgenfilmikasseti ehituse skeem:



2.2.19.12.1.10 Fosfoorplaadid ja täisdigitaalsed kuvadetektorid

Fosfoorplaadi korral tekitab röntgenkiirgus ergastusolekuid sellises aines, mis eksisteerib fosfoorplaadi aktiivses kihis. Pärast kiiritamist viiakse ergastusolekud uuesti algolekusse sellise laserkiirega, mis liigub üle terve plaadi. Arvuti konstrueerib digitaalse kujutise kogutud informatsioonist laserkiire asukohast ja tekkiva valguse intensiivsusest. Pärast lugemist võidakse fosfoorplaati uuesti valgustada. Fosfoorplaate on võimalik kasutada ka sellistes seadmetes, milles saab kasutada filmikassette.

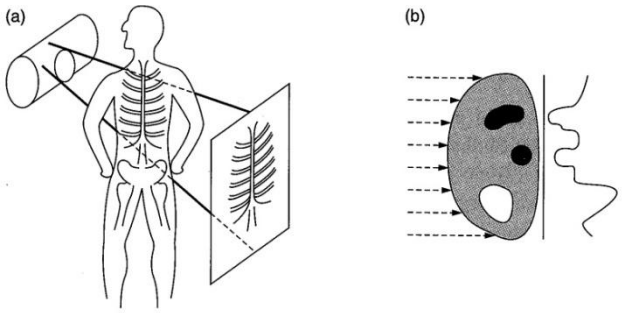
Täisdigitaalsete kuvadetektorite korral jõuavad informatsioon ehk ergastusolekud kuvaelementidesse kiirguse kaudu. Ergastusolekud muundatakse kuvadetektorites halli tooni astmeteks. Täisdigitaalsed kuvadetektorid loovad arvutis digitaalpildi.

2.2.19.12.2 Röntgenkuvandusmeetodid

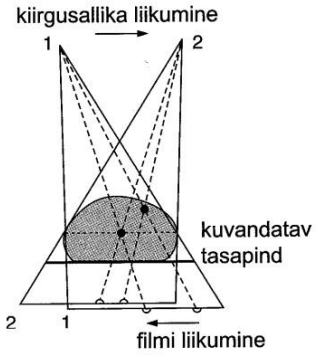
2.2.19.12.2.1 Tomograafia

Tavaline röntgenaparaat võimaldab kolmemõõtmelise objekti projektsiooni kuvada kahemõõtmelise filmi pinnale. Filmile jäädvustuvad inimese elundid üksteise peale ehkki inimese keha sisemuses paiknevad elundid järjestikku.

Kolmemõõtmeline patsient projitseerub tavalises röntgenaparaadis kahemõõtmelisele pildipinnale (a). Primaarses radioloogilises kujutises saab näha anatoomilisi osasid, kuid see sõltub neeldumisest ja neelava koe koostisest (b). Joonis:



Tomograafia- ehk kihtkuvamise korral eristatakse üksteisest erinevaid koekihte. Niimoodi rakendades on võimalik saada kuvatava objekti erinevatest kihtidest üsna täpne visuaalne kujutis ehk pilt. Tomograafiakuvanduse korral liiguvad röntgentoru ja film. Struktuuride varjud, mis asuvad kuvandamistasandist väljaspool, jäävad sellisel juhul ebateravaks. Punktid, mis asuvad kuvandataval tasapinnal, projitseeruvad filmile pildistamise korral samasse punkti siis, kui muutub röntgentoru ja filmi asend aktsepteeritavatel kiirustel ja seda vastupidistes suundades. Punktide projektsioonid, mis muutuvad, asuvad väljaspool kuvandatavast tasandist. Kuid mida kaugemal need punktid asuvad kuvandatavast tasandist, seda rohkem need muutuvad pildistamise ajal. Tomograafilisel pildistamisel võivad röntgentoru ja röntgenfilm liikuda sirgjooneliselt, ringjooneliselt või ellipsikujuliselt, kuid kõige rohkem kasutatakse sirgjoonelist liikumist. Joonis:



Röntgentoru liikumisnurk kuvandatavast kohast vaadatuna tingib kuvandatava kihi paksuse. Näiteks 6^0 liikumisnurga korral on kihi paksuseks 1 cm. Struktuurid, mis jäävad sellest kihist väljapoole, on ebaselged. 35^0 liikumisnurga korral on kihi paksuseks juba 0,2 cm.

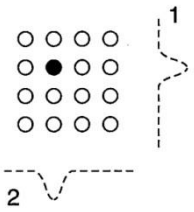
Tomograafilise kujutise kontrastsus on võrreldes tavalise röntgenpildiga väiksem. See tuleneb sellest, et osad, mis jäävad kuvandatava kihi välispoolele, tekitavad filmile üleliigse taustvarjundi. Kihiline kuvandamine oleks kõige mõtekam kasutada just luude ja selliste struktuuride kuvandamiseks, mis on täidetud kontrastainega.

2.2.19.12.2.2 Arvuti- ehk kompuutertomograafia

Röntgen- ja tomograafiakuvandamise korral tekitatakse kujutis filmile või fosfoorplaadile. Pärast kuvandamist toimub filmi ilmutamine, mille järel ei saa kujutise kvaliteeti enam parandada. Digitaalne informatsioon salvestatakse arvuti mälusse, kui kasutatakse fosfoorplaati. Seda infot töödeldakse arvutis, mille korral on võimalik moodustada objektist pilt.

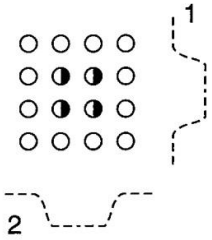
2.2.19.12.2.3 Kompuutertomograafia põhimõte

4x4 maatriksit moodustav struktuur näitlikustab kompuutertomograafia tehnika olemust. Selleks sobib näiteks ka 4x4 palli, millest üks neelab tugevasti kiirgust:

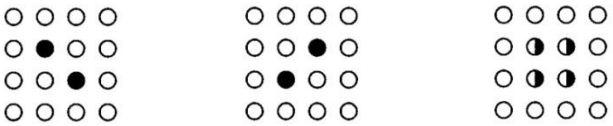


Suunas 1 saadavat mõõtmistulemust hinnates on võimalik teha järeldus püstsuunas oleva palli asukoha kohta neljas võimalikus reas. Mõõtmise võib teha ka suunas 2, kui pöörata röntgentoru ja detektorit 90^0 võrra. See võimaldab määrata palli asukoha horisontaalses suunas. Nende kahe tulemused kokku võimaldab ära määrata absorbeeriva palli asukoha maatriksis.

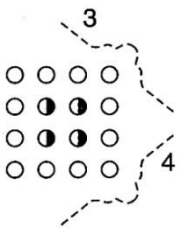
Maatriksis võib olla ka neli absorbeerivat palli, kuid see on juba keerulisem olukord:



Sellisel juhul absorbeerivad pallid kiirgust poole vähem võrreldes eelmise juhuga. Kahes suunas tehtav mõõtmine annab meile sellise tulemuse nagu joonisel näidatud kõverad 1 ja 2. Sellise tulemuse tõlgendamine on keerulisem võrreldes eelmise juhuga, kuna võimaluste arv kasvab nüüd kolmeni:



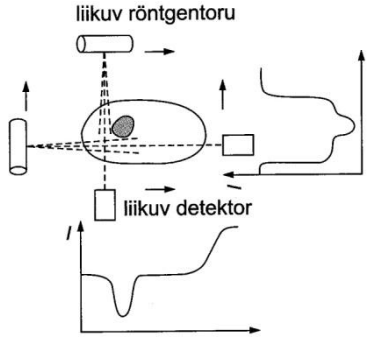
Õige variandi leidmiseks pööratakse seadeldist 45^0 ja 135^0. See annab meile tulemuseks 3 ja 4:



Pallide õige asukoha ja pallide absorptsioonivõime annab meile neli mõõtmistulemust:

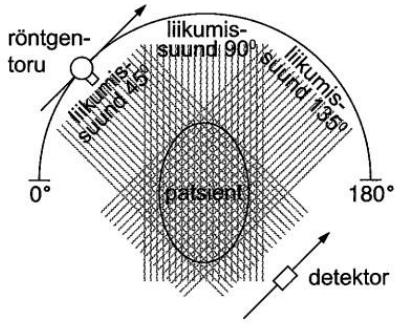
Suuremate ja keerulisemate maatriksite korral tehakse rohkem mõõtmisi. Sellistel juhtudel peab seadeldise pöördenurk olema palju väiksem ja röntgenkiir peab olema kitsam, mis tuleb röntgentorust.

Järgmisena kirjeldame lühidalt esimese põlvkonna röntgenkompuutertomograafia tööprintsiipi, mille korral liigub röntgentoru objektist mööda sirgjooneliselt. Joonis:

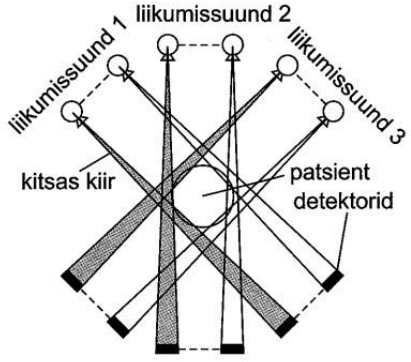


Objektist teisel pool asuv mõõteseade ehk detektor liigub sünkroonselt röntgentoruga. See mõõdab kiirguse intensiivsust erinevates kohtades. Arvuti mälusse salvestatakse intensiivsuse väärtused ja seda numbriliselt. Mõõtmisi korratakse erinevates suundades. Intensiivsuse väärtused annavad infot objekti ristlõike kohta, mida kogutakse arvuti mälusse. See võimaldab saada infot absorptsioonist erinevates kohtades. Absorptsiooni erinevustest moodustatakse arvuti abil ristlõike kujutis.

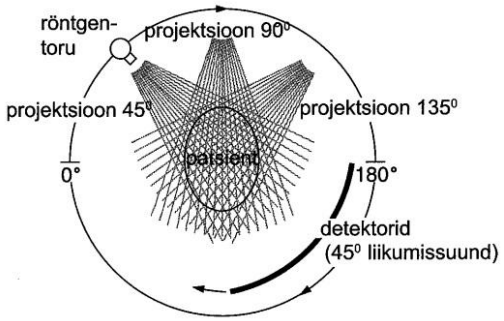
Joonisel on ära näidatud esimese põlvkonna ehk lineaarse KT-seadme skeem:



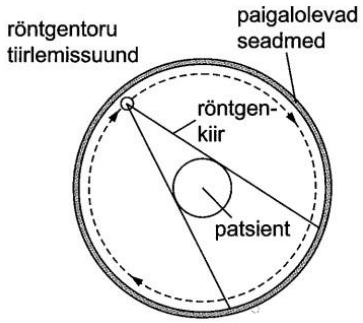
Teise põlvkonna KT-seadmes kasutatakse ühe detektori asemel mitu detektorit, kuna see võimaldab teha kiiremaid mõõtmisi:



Detektorid teostavad mõõtmisi, mille korral kasutatakse kitsast kiirt. Röntgentoru ja detektorid liiguvad sirgjooneliselt. Eraldi muudetakse liikumissuunda. Kolmandas põlvkonna seadmes on veelgi rohkem detektoreid:



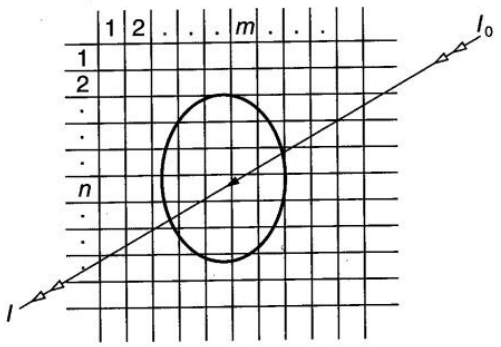
Sellisel juhul on kiirguskoonus avaram ja röntgentoru ning detektorid tiirlevad ümber patsiendi. Kuid neljandas põlvkonna seadmes on detektorid hoopis paigal ja röntgentoru tiirleb ümber patsiendi:



Spiraalskaneeriv kompuutertomograafia korral kasutatakse liugrõngastehnikat, mis võimaldab seadmete tiirlemise ümber patsiendi. Seadmed tekitavad ja kollimeerivad röntgenkiiri ning hoiavad detektoreid. Kogu protseduuri ajal liigub patsiendilaud muutumatu kiirusega. Sellest sõltub „kuvamistrajektoor“, mille spiraalsus võib olla suur või väike. Juhtimis- ja arvutusseadmed vahendavad liugrõngaskontaktide (söeharjade) abil juhtimissignaale ja detektorite andmesignaale.

Kuna detektoripinnad on üsna laiad, siis see võimaldab ka 16 või 32 kihi samaaegse mõõtmise. Kusjuures kihi paksus võib olla väiksem kui 0,5 mm. Sellisel viisil saab mõõta informatsiooni ehk on võimalik kätte saada ruumilisi andmeid, mis võimaldavad omakorda arvutada lõikepildi mistahes suunas.

KT-kuva moodustatakse üldiselt kahes erinevas etapis. Esimeses etapis mõõdetakse kiirguse intensiivsust, mis läbib patsienti erinevates suundades. Mõõtmistulemusi töödeldakse arvutis. Ala või piirkonda, mida parajasti uuritakse, jagatakse maatriksiks, milles igal ruudul, kuvaelemendil või pikselil on olemas koordinaadid m ja n. Joonis:



See tähendab seda, et kuvatav piirkond jagatakse selliseks maatriksiks, mille korral saab kirjeldada arvude m ja n abil mistahes ruudu asukohta.

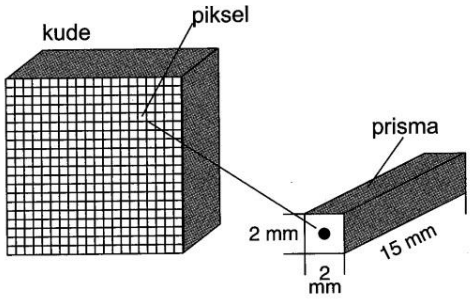
Igal ruudul on olemas oma „lineaarnõrgestustegur“ μ_{mn}. Kiirguse suuna tuvastamise korral arvutatakse iga ruudu osalemise suurust f_{mn} intensiivsuse vähenemisel. Kiirguse intensiivsust, mis läbib uuritavat ristlõiget, kirjeldab võrrand:

$$I = I_0 e^{-(\mu_{11} f_{11} + \mu_{12} f_{12} + \cdots + \mu_{mn} f_{mn} + \cdots) d}$$

milles d on ruudu külje pikkus. I ja I_0 on kiirguse intensiivsused, mis tehakse kindlaks mõõtmise teel. f_{mn} on kordaja, mis arvutatakse geomeetriliselt, kui on teada kiirguse trajektoor. Tundmatud suurused on lineaarnõrgestustegurid μ_{mn}, mistõttu leitakse selle väärtused arvutiga.

Kiirt, mis tuleb röntgentorust, ei ole võimalik teha lõpmata kitsaks. See ongi põhjus, et miks uuritav anatoomiline lõige on umbes 1 cm paksune. See tähendab, et kiirgus neeldub prismas, mille korral määrab maatriksi pikselite hulk ja lõike paksus prisma servade pikkusi.

Uuritava koemaatriksi korral on näha väikest prismat, milles kiirgus neeldub:



Iga pikseli kohta on olemas oma lineaarnõrgestusteguri μ_{mn} väärtus, mille leiab arvuti. Lineaarnõrgestusteguri väärtused arvutatakse ümber CT-arvuks ehk KT-arvuks ehk Houndsfield-ühikuks:

$$KT - arv = \frac{K(\mu_{mn} - \mu_v)}{\mu_v}$$

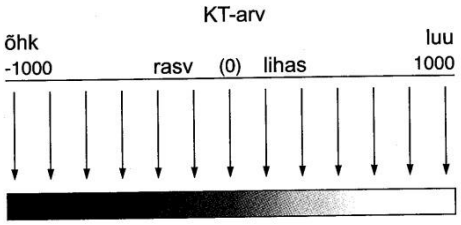
milles μ_{mn} on pikseli mn, μ_v on vee lineaarnõrgestustegurid ja K on konstant, mille väärtus on 1000.

Lineaarnõrgestusteguri väärtus õhu korral on näiteks ≈ 0, veel on see $\approx 0{,}19$ l/cm ja tiheda luu korral $\approx 0{,}38$ l/cm. Nende järgi saadakse näiteks õhu KT-arvuks –1000 ja tiheda luu KT-arvuks 1000.

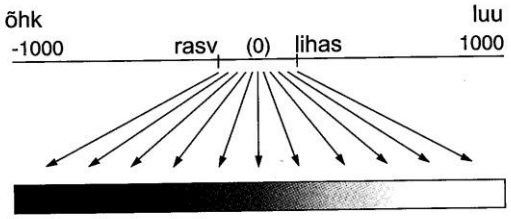
KT-arvu võimalikud väärtused jäävad vahemikku –1000...1000. Ained, mis absorbeerivad kiirgust inimese kehas kõige vähem ja kõige rohkem, määravad ära alumise ja ülemise raja väärtused. Nendes kudedes, milles on palju vett, on KT-arvud lähedased nullidele. Üldiselt on need üsna pehmed koed.

Pikseli või kogupildi KT-arvude skaala pideva muutumise korral väikseimast väärtusest –1000 suurima väärtuseni 1000 läheks suur osa informatsioonist lihtsalt kaduma, mis sisaldaks tomograafilises pildis. Kuid õnneks on arvuti abil võimalik skaalat muuta, mille korral saab valida sellise skaala vahemiku, milles on uuritavat objekti kõige paremini näha.

Erinevate objektide heledus kogu KT-arvude skaala kasutamise korral:

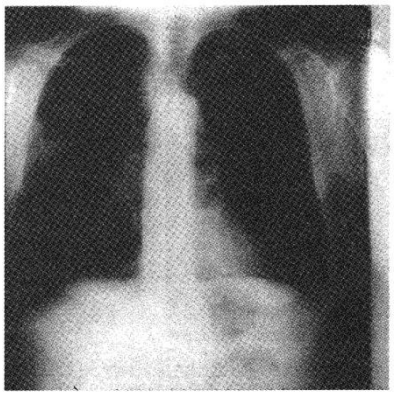


Pehmete kudede korral saadakse skaala must ja valge väiksemate KT-arvude juures:



Röntgenkompuutertomograafias mõõdetakse kiirguse neeldumist, kuid KT-kujutisel eristuvad koed, mis neelavad kiirgust erinevalt. See sarnaneb tavalise röntgenpildi toimimisega. KT-kujutise kontrastsus on parem võrreldes tavalise röntgenpildiga. See tuleneb sellest, et kiiritatud ruumala ehk läbilõikekiht on üsna väike, mis põhjustab vähemat hajuvat kiirgust. Tavalist röntgenpilti rikub üksteise peal olevate kihtide summeerumine. Kuid seda KT-kujutises ei ole. Mida väiksemaid tiheduserinevusi eristatakse KT-kuvandamisel, seda paremat kontrastsust saadakse. Näiteks eristuvad teineteisest aju hall- ja valgeaine.

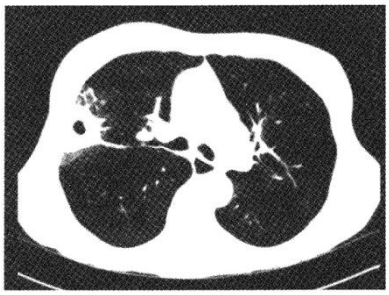
Röntgenpildis, mis on tehtud inimese kopsudest, on näha kopsudes ülemäärast neeldumist. Need paistavad pildi peal heledamana:



Heledamana eristuvad piltidel ka süda, vahelihas ja rindkere. Tegemist on tavalise röntgenpildiga. Kuid arvutiga töödeldud pilt on järgmine:

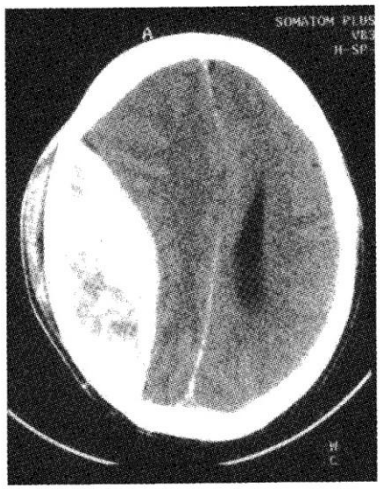
Selle peal on näha erinevate kudede piirkondi, mis on teravamad. Näiteks selgroogu on hästi näha.

Järgnevalt on näha arvutitomograafialõiget ehk KT-kuva parema kopsu tihendatud tasapinnast, mis on saadud lisauuringu kaudu:



Pilt on tehtud nii, et on kasutatud „kopsuakent“. Pildi peal on näha põletikulist muutust, mis avaldub visuaalselt tiheda ja heleda muutusena. Selle keskel on tumeda õhuauguna abstsessiõõs. KT-kujutisel on neid muutusi paremini näha võrreldes tavalise röntgenpildiga. Kõik pildid on tehtud Helsingi Ülikooli radioloogia osakonnas.

Järgnevalt on näha inimese koljust tehtud KT-kuva:



Pildi vasakul poolel on näha paremat kolju poolt, milles on näha heledat kaksikkumerat moodustist. See moodustis on tekkinud tugevast ajukelmepealsest värskest verevalumist. Värske veri on isegi koljuluust tihedam ehk visuaalselt heledam. Paremal pool paistab tumedana vasak ajuvatsake, mis sisaldab endas ajuvedelikku. Kuna verevalum võtab enamasti palju ruumi, siis seega muudab see parema ajuvatsakese vähem nähtavaks. Pildil on näha heledat püstitriipu ehk keskjoont. Verevalum surub seda aju vasaku poolkera suunas. Halli värvina paistab ajukude, milles eristuvad teineteisest aju valge- ja hallaine. Võrreldes tavalise röntgenpildiga on KT-kuva kontrastieristusvõime kümneid kordi suurem. Näiteks ajukudesid ei ole võimalik kolju röntgenpildis üldse teineteisest eristada.

2.2.19.12.3 Allikad:

„Santorius, Elusa looduse füüsika“, Peter Holmberg, Juha Perkkiö ja Erkki Hiltunen, Kirjastus Ilo ja tõlkija, 2007.

2.2.19.13 Magnetkuvandus ja kehast väljumine

Inimese ajus esinevad aatomituumade prootonid, mis omavad positiivset laengut, tekitavad magnetvälja, mille mõlemad poolused asuvad aatomituuma pöörlemisteljel. Neid pöörlemistelgi mõjutatakse magnetkuvanduse korral pealeasetatud magnetvälja abil sarnaselt nii nagu on võimalik suunata näiteks kompassi nõela. See tekitab aatomituumade resonantsi, mis põhjustabki ruumis iseseisvalt liikuva elektromagnetlaine tekkimist.

Siinkohal võib tekkida õigustatud küsimus, et kui magnetkuvanduse rakendamise korral tekivad inimese ajus elektromagnetlained, mistõttu peaks neid tekkima ka hyperruumis ehk väljaspool aegruumi, siis peaks inimese kehast väljumine avalduma ka siis, kui kasutatakse magnetkuvanduse tehnoloogiat. Kuid inimese kehast väljumist sellisel juhul siiski ei esine.

Eespool me tõdesime, et elektromagnetlained tekivad ka neuronite laenglemiste tulemusena ja närviimpulsside levimise tõttu närvisüsteemis, mistõttu peaksid elektromagnetlained tekkima hyperruumi ka siis, kui inimene on elus ja tema aju funktsioneerib täiesti normaalselt. See tähendab, et kehast väljumine peaks esinema ka siis, kui inimene on elus ja terve, mitte ainult siis, kui ta satub surmaeelsesse olekusse või üldse surma seisundisse.

> Inimese närvisüsteemist (eelkõige peaajust) „eralduvad“ elektromagnetlained hyperruumi just elektriliste impulsside asukohtadest, kuna elektriimpulsi tekkimise ajal tekivad ka elektromagnetlained, mistõttu peaksid need „tekkima“ ka hyperruumi.
>
> > Kuna elektriimpulsid tekivad ja levivad praktiliselt kõikjal inimese närvisüsteemis ehk kogu närvisüsteemi ulatuses (kõikjal kus on neuronite kehad, nende jätked ja aksonid) ning ajas pidevalt ehk kogu aeg, siis seega peaksid nendes tekkivad elektromagnetlained tekkima ka hyperruumi samuti kogu närvisüsteemi ulatuses ja inimene peaks „kiirgama“ elektromagnetlaineid pidevalt ehk kogu aeg (isegi elus olles), kuid mitte meie tajutavasse ümbritsevasse aegruumi, vaid sellest väljapoole ehk hyperruumi ja seetõttu ei ole sellist „neurokiirgust“ võimalik katseliselt tuvastada. See võib seletada kunagi ka inimese telepaatia ja selgeltnägemise võime teadusliku olemuse.

Sellest tulenevalt võib väita, et elektromagnetlained peaksid tekkima hyperruumi nii magnet-kuvanduse seadmeid kasutades kui ka inimese närvisüsteemi normaalse funktsioneerimise korral. See tähendab, et inimese kehast väljumine peaks avalduma mõlemal juhul, kuid sellegipoolest seda siiski ei esine. Selle põhjus esitataksegi eespool, mille korral analüüsitakse kehast väljumise mitte-esinemist närvisüsteemi normaalse funktsioneerimise korral. Selle kaudu saame mõista ka seda, et miks kehast väljumist ei esine magnetkuvanduse või kompuutertomograafia seadmeid kasutades, mille korral tekivad inimese ajus elektromagnetlained tomograafiliste kujutiste jaoks.

Inimese kehast väljumine peaks avalduma nii magnetkuvanduse seadmeid kasutades kui ka inimese närvisüsteemi normaalse funktsioneerimise korral, kuid sellegipoolest seda mõlemal juhul siiski ei esine. Kuna eespool analüüsitakse kehast väljumise mitte-esinemist närvisüsteemi normaalse funktsioneerimise korral, siis seega selle kaudu saame mõista ka seda, et miks kehast väljumist ei esine magnetkuvanduse või kompuutertomograafia seadmeid kasutades:

1. Kehast väljumist esineb tegelikult ka siis, kui inimene on elus ja terve, kuid seda ei ole võimalik teadvustada. See tähendab, et elus olles „kiirgab“ inimese närvisüsteem elektromagnetlaineid hyperruumi, kuid seda inimene ise ei teadvusta. Selle mitte teadvustamine tuleneb otseselt sellest, et inimese aju funktsioneerib normaalselt ehk

neuronid laenglevad ja närviimpulsid levivad mööda aksoneid, mistõttu teadvus ja psüühika esinevad sellisel juhul ajustruktuurides. Teadvuse ja psüühika tekkimine väljaspool närvisüsteemi on sellisel juhul samuti võimalik, kuid seda inimene ise ei koge ja seetõttu pole see ka oluline. See tähendab, et kui inimese närvisüsteem on normaalses funktsioneerimises, siis seega närvisüsteemivälist eksisteerimist ei teadvustata ehkki kehaväline eksisteerimine võib tegelikult olemas olla. Ajustruktuuride elektriline aktiivsus ongi see, mis „ei lase“ teadvustada kehavälist olekut.

2. Kui aga aju elektriline aktiivsus on lakanud näiteks südameseiskumise tagajärjel, siis inimese närvisüsteem ei kiirga enam elektromagnetlaineid hyperruumi. Neuronite elektrilise laenglemise lakkamise ja seega elektriimpulsside mittelevimise korral ei esine ajus enam elektromagnetlaineid, mistõttu ei teki neid ka hyperruumi. Sellisel juhul ei ole inimese ajus enam teadvust ega psüühilist tegevust. Kui enne närvisüsteemi elektrilise aktiivsuse lakkamist kiirgab inimene oma viimaseid elektromagnetlaineid hyperruumi, siis sellisel juhul avalduvad inimese teadvus ja psüühika juba kehavälises olekus ehk hyperruumi kiirgunud viimaste elektromagnetlainete väljas. See tähendab, et inimene teadvustab kehavälist eksisteerimist ainult siis, kui närvisüsteemi elektriline aktiivsus on täielikult või suuremalt jaolt lakanud. Ajustruktuurides lakanud elektriline aktiivsus „ei sega“ inimest enam teadvustamast kehavälisest eksisteerimisest. See tähendab ka seda, et teadvuse ja psüühilise tegevuse kehaväline eksisteerimine võib avalduda ainult inimese närvisüsteemi elektromagnetlainete kiirgamise „viimases faasis“, s.t. vahetult enne kiirgamise täielikku lakkamist.

3. Täpselt samasugune põhimõte kehtib ka kompuutertomograafia ja magnetkuvanduse tehnoloogiate kasutamise korralgi. Näiteks kui inimese peaaju uuritakse kompuutertomograafia või magnetkuvanduse masinatega, siis ka sellisel juhul tekivad inimese ajus elektromagnetlained, mistõttu peavad need tekkima ka hyperruumis. Kuna inimese aju on sellisel juhul elektrilises aktiivsuses, siis seega ei teadvusta inimene oma enda kehavälist eksisteerimist. Sellisel juhul „asub“ teadvus inimese ajustruktuurides. Inimene teadvustab kehavälist eksisteerimist ainult siis kui aju elektriline aktiivsus on lakanud, vähemalt suuremas osas. Kuid näiteks magnetkuvanduse ajal enamasti ei esine ajuaktiivsuse lakkamist. Inimene ei pruugi olla küll teadvusel, kuid inimese ajuaktiivsus on magnetkuvanduse rakenduse ajal täiesti olemas. Kehavälise teadvuse eksisteerimiseks on vajalik ajuaktiivsuse lakkamist, vähemalt suuremas osas.

Võimalikke põhjuseid inimese kehast väljumise mitte-esinemisele magnetkuvanduse või isegi kompuutertomograafia tehnoloogiate rakendamise korral on varem esitatud hüpoteesidena, mis tänapäeval ei leia enam laia tunnustust.

Näiteks meditsiinilised juhtumid näitavad, et inimese reaalne kehast väljumine tekib enamasti pärast südame seiskumist. Südame seiskumise järgsel ajal tekib inimese ajus hapnikuvaegus, kuna süda ei pumpa ajule enam verd, mis oleks hapniku transpordiks. Kuid vahetult enne inimese surma esineb ajus kõrgsageduslik aktiivsus, mida inimese eluaja jooksul üldse ei eksisteeri. Varem arvati, et see on põhjuslikult seotud elektromagnetlainete tekkimistega hyperruumis paralleelselt inimese aju kohal ja seda sellisel ajaperioodil, mille jooksul on inimesed täheldanud oma kehadest väljumist. Seetõttu on varem seostatud aju kõrgsageduslikku aktiivsust inimese kehast väljumise vallandumisega. Kuna magnetkuvanduse ja kompuutertomograafia seadmete kasutamise korral ei teki inimese ajus kõrgsageduslikku aktiivsust ega muid vahetult surmale eelnevaid neurofüsioloogilisi nähtusi, mis oleks kehast väljumise vallandumisega põhjuslikult seotud, siis on sellest järeldatud, et magnetkuvanduse või kompuutertomograafia tehnoloogiad ei tekita inimesel kehast väljumist.

On ühemõtteliselt selge, et inimese reaalset kehast väljumist ei esine magnetkuvanduse või kompuutertomograafia seadmeid kasutades. Selle põhjuseks on varem välja töötatud ka selline hüpotees, et inimese reaalseks kehast väljumiseks on vaja palju rohkem elektromagnetlainete

tekkimisi ja seda palju rohkemates ajupiirkondades, kui seda magnetkuvanduse või kompuutertomograafia seadmed üldse võimaldaksid. Põhjused sellisteks arusaamadeks peitusid tõsiasjades, mida me oleme tegelikult juba eespool esitanud:

> Näiteks kui prooton asub välises magnetväljas, mille magnetvoo tihedus on 1 T ja prootoni güromagnetiline suhe on 2,675 * 10^8 1/Ts, siis saame arvutada prootoni kahe võimaliku oleku vahelise energiavahe järgmiselt:
>
> $$\Delta E = h\frac{y}{2\pi}B_0 = 6{,}626 * 10^{-34}Js * \frac{2{,}675 * 10^8 \frac{1}{Ts}}{2\pi} * 1T =$$
>
> $$= 2{,}82 * 10^{-26}J \approx 0{,}18\mu eV$$
>
> Selline energiavahe on äärmiselt väike, mis näitab seda, et tuumadel on tegelikult väga raske orienteeruda välises magnetväljas. Väga väikesed häiritused põhjustavad prootoni magnetmomendi suuna muutumist. Nendeks häiritusteks võivad olla näiteks aatomite või molekulide omavahelised põrked. See tähendab ka seda, et ainult väike osa prootonitest on „väljasuunalised“. Prooton on teatavasti vesiniku aatomituumaks.
>
> See tähendab seda, et orienteerub kõigest väike osa tuumadest ehk piltlikult öeldes mõni tuum miljonist. Kuid sellegipoolest võib seda märgata tundliku mõõteriista abil.
>
> Sellist nähtust nimetatakse tuumamagnetresonantsiks ehk TMR või NMR, mille avastasid 1940-ndal aastal Bloch ja Purcell.
>
> Prootonite arvtihedust mõõdetakse magnetkuvandamisel. See on põhimõtteliselt sama mis vee ruumilise jaotuse mõõtmine kudedes. Kujutise kontrasti parandamiseks kasutatakse erinevaid kontrastaineid. Selleks sobivad näiteks mõned paramagnetilised ained, näiteks mangaan.
>
> Aeg, mis kulub magnetkuvandamiseks, on umbes 1 – 10 minutit ja lahutusvõime on umbes 1 mm (teoreetiline piir on umbes 0,01 mm).
>
> Elektromagnetkiirguse sagedus tuumamagnetresonants-kuvandamisel on sageduspiirkonnas, mille korral esinevad raadiosageduslikud lained (≈ 10 MHz). Seetõttu on kvantide energia umbes $1{,}6 * 10^{-27}$ J (ehk 10^{-8} eV). Selletõttu ei saa tekkida kudedes ionisatsiooni, millest võib omakorda järeldada, et magnetkuvandamine on inimesele palju turvalisem kui KT- või PET-kuvandamine.
>
> Magnetkuva kontrastlahutusvõime on tomograafiakuvast palju suurem, mida võib veelgi suurendada, kui süstitakse veresoonde kontrastainet. Kontrastaineid kasutatakse ka tomograafia-kuvandamisel.
>
> Kiirt, mis tuleb röntgentorust, ei ole võimalik teha lõpmata kitsaks. See ongi põhjus, et miks uuritav anatoomiline lõige on umbes 1 cm paksune. See tähendab, et kiirgus neeldub prismas, mille korral määrab maatriksi pikselite hulk ja lõike paksus prisma servade pikkusi.

Eelnevalt väljatoodud tõsiasjad viitasid varasema arusaama järgi sellele, et inimese ajus tekivad magnetkuvanduse ja kompuutertomograafia seadmeid kasutades kehast väljumiseks (teadvuse ja psüühika eraldumiseks ajust) liiga vähe elektromagnetlaineid, kuid siiski piisavalt, et saaks tekitada inimese ajust kõrgetasemelisi tomograafilisi kujutisi. Selline järeldus ei ole enam veenev. Tõsi on

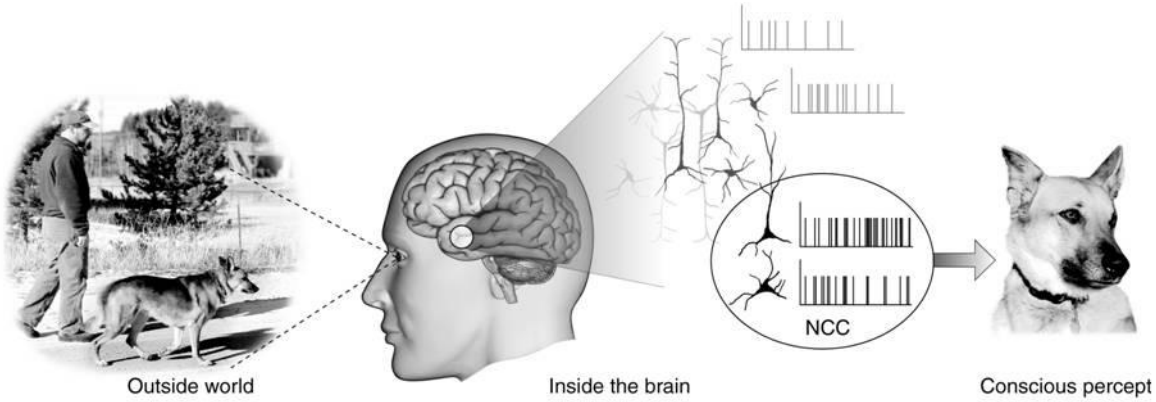
see, et tomograafiliste kujutiste pikslite arvukus ehk nende suurused on piisavad, et kasutada kujutisi meditsiinilises diagnostikas või teaduslikes uuringutes. Kuid nende suuruste piirangud ei näita, et inimese ajus tekkivad elektromagnetlained ei pruugi siiski tekkida kõikides neuronites või isegi ajupiirkondades, kui me arvestaksime äärmiselt väikeste ruumiliste mõõtkavadega. Hüpotees, et inimese reaalseks kehast väljumiseks on vaja palju rohkem elektromagnetlainete tekkimisi ja seda palju rohkemates ajupiirkondades, kui seda magnetkuvanduse või kompuutertomograafia seadmed üldse võimaldaksid, ei leia enam laia tunnustust. Ajus tekkivate elektromagnetlainete vähesus ei saa olla põhjuseks, et miks ei avaldu inimese kehast väljumist, kui kasutatakse inimese peal magnetkuvanduse või kompuutertomograafia seadmeid.

Inimese ajus tekivad elektromagnetlained loomulikul teel siis, kui toimuvad väljades muutused. Välja muutus kandub ruumis edasi just elektromagnetlainena. Kuna elektrilaengute liikumine paigalolekust (ja vastupidi) esineb kõikjal inimese ajus, siis seega tekivad elektromagnetlained samuti kõikjal inimese ajus ja seda mistahes ruumilist mastaapi arvestades. Kuid magnetkuvanduse seadmete rakendamise korral ehk peale asetatud magnetvälja korral orienteerub ainult kõigest väike osa tuumadest ruumalaühiku kohta ehk piltlikult öeldes mõni tuum miljonist, mistõttu järeldatigi, et inimese ajus tekkivad elektromagnetlained magnetkuvanduse korral ei ole piisav teadvuse ja psüühika eraldumiseks inimese ajust. Arvati, et selline asjaolu määrabki ära inimese kehast väljumise mitte-esinemise magnetkuvanduse korral. Kuid selline järeldus ei ole siiski täiesti veenev, kuna magnetkuvanduse ja kompuutertomograafia seadmete kasutamise korral tekib elektromagnetlaine inimese ajus vähemalt ühe neuroni kohta (mitte ühe aatomi kohta), mis oleks ikkagi piisav teadvuse ja psüühika tekkimiseks väljaspool närvikudet.

2.2.20 Inimese teadvuse eksisteerimine ainult väljade konfiguratsioonina

2.2.20.1 Sissejuhatuseks

Kui me vaatame ajju sisse, siis me näeme seal laenglevaid neuroneid, kuid mitte mingisugust pilti. Pildi ümbritsevast maailmast loob ainult meie enda aju (ehk võib piltlikult öelda ka nii, et inimene näeb pilti ainult “ajust välja vaadates”). Kogu teadvuse teaduse kõige kesksem probleem seisnebki selles, et miks ja kuidas kaasnevad aju neuronaalsete protsessidega inimese subjektiivsed kogemused? Seda võib mõista ka nii, et kuidas aju loodud virtuaalne reaalsus tekib? Kuidas aju loob virtuaalse reaalsuse, milles me kõik igapäevaselt elame? Kindel on see, et teadvuse kvaliteet ja närvirakkude ehk neuronite teatud elektrilised nähtused on üks ja sama. Kuidas saab olla, et elektrilised nähtused ja teadvusilmingud (s.t. hingeseisundid) on üks ja sama?



Joonis Kuidas tekib neuronite töö tulemusena koera kujutis inimese ajus?

Foto allikas: https://en.wikipedia.org/wiki/Consciousness#/media/File:Neural_Correlates_Of_Consciousness.jpg

Peale kvalitatiivse elamussisu on olemas ka intentsionaalne struktuur, mis seisneb mõtete sisus ja nende tõeväärtustes. Näiteks teletorn on 314-ne meetri kõrgune, kuid kuidas peaks ajus olev neuronaalne aktiivsus käima teletorni kohta ja kuidas seletada seda, et antud teletorni kõrgus on õige või väär? Põhimeeleolud ja põhihoiakud on eranditeks nagu näiteks põnevus ja pessimism. Intentsionaalsuse probleemi on püütud lahendada nõnda, et neuronaalne protsess käib X-i kohta parajasti siis, kui ta on teatud kausaalses suhtes X-ga (Jerry Fodor) või kui ta on X-i usaldatav indikaator (Fred Dretske) või kui protsessi evolutsiooniline funktsioon on inditseerida X-i (Ruth Millikan).

Teadvustamine võtab aega. Teadvuselamuse tekkimiseks kulub teatud ajaperiood. See viitab sellele, et teadvus on mingi protsessi tagajärg, mitte protsess ise. Mis protsess see olla võiks, mille tagajärjeks on teadvuse tekkimine?

Inimese kehast väljumise füüsikateoorias on fookuses eelkõige teadvuse ja psüühika „eraldumine“ närvisüsteemist, mitte niivõrd nende olemuse ja funktsioneerimise mõistmine. Teadvuse olemuse mõistatus ei ole kehast väljumise füüsikateaduse keskne osa, kuid on sellega ikkagi kaudselt seotud. See tähendab seda, et inimese kehast väljumist saame mõista ka siis, kui me teadvuse olemust otseselt ei mõistaks. See saab tuleneda sellest, et kehast väljumist võimaldav füüsika on otseselt seotud inimese närvisüsteemi elektrilise aktiivsusega ehk biofüüsikaga. Teadvuse olemuse mõistatuse lahendamine jääb käesoleva töö raamidest väljapoole, mis aga ei välista kehast väljumise füüsika mõistmist.

Kindel on see, et inimese teadvuse ja psüühika materiaalseks eksisteerimise vormiks on elektriväljad, mida tekitavad ajus olevad tuhanded neuronid. Inimese teadvus ja psüühika baseeruvad neuronite elektriväljade konfiguratsioonidel ja omakorda nende kombinatsioonidel. See tähendab seda, et inimese teadvuse ja psüühika eksisteerimiseks on vaja elektriväljade olemasolu, mille tekitajateks on ajus olevad tuhanded neuronid. See on kindel.

> Näiteks tekib inimesel “valutunne” parajasti siis, kui ta kõrvetab oma näpud ära ja selle tagajärel liiguvad teatud ärritused teatud ajupiirkonda, kus neid töödeldakse. Sellisteks inimese vaimuseisundite elamussisudeks nimetatakse kvaalideks. Kvaale on nimetatud ka fenomeniliseks teadvuseks. Valu tunne on C-kiudude aktivatsioon. See tähendab seda, et valu, kui eriline teadvuse kvaliteet ja närvirakkude ehk neuronite teatud elektrilised nähtused on üks ja sama. Elektrilised nähtused ja teadvusilmingud (s.t. hingeseisundid) on üks ja sama.
>
> > Seetõttu võibki öelda seda, et näiteks kui neuroneid ajus ei oleks, kuid kõikide kadunud neuronite elektriväljad eksisteeriksid ja funktsioneeriksid täpselt samamoodi edasi, siis tõenäoliselt jääks kestma ka teadvus (psüühika).

Väidetavalt on mõned hiljutised neurouuringud näidanud, et „inimajus võivad teadvuse ilmingud

jätkuda ka siis, kui aju elektrilist aktiivsust enam mõõta ei saa“. Selline väide on absoluutselt vale. Kindlalt võib öelda seda, et aju elektrilise aktiivsuse vähenemine võib viia teadvuse nõrgenemiseni või teisenemiseni ehk muutumiseni, kuid aktiivsuse lakkamine ehk puudumine toob endaga kaasa kindlasti teadvuse kadumise. See on täiesti kindel. Teadvuse ilmingud on kindlasti seotud aju elektrilise aktiivsusega. See tähendab, et kui aju elektrilist aktiivsust enam mõõta ei saa, siis seega teadvuse ilmingud ei saa enam inimajus eksisteerida. See on kindel neuroteaduslik fakt.

Inimese kehast väljudes on teadvuse ja psüühika tekitajaks valgus (ehk elektromagnetlained), milles esinevad samuti elektriväljad. Tekib küsimus, et kuidas tekib inimese teadvus valgusest ehk kuidas valgus tekitab inimese teadvuse. Suurim ja põhjapanevaim erinevus inimese ajus ja kehast väljunud olekus oleva teadvuse vahel on see, et ajus eksisteerivad paigal seisvad väljad (sest neuronid ajus üksteise suhtes ei liigu), kuid kehast väljunud olekus baseerub teadvus liikuvatel väljadel (valguslaine ei saa ruumis olla paigal).

Järgnevalt on esitatud 12 võimalikku aspekti, mida peab teadma ja uurima, kui me soovime mõista erinevate elektromagnetlainete omavahelisi konfigureerimisi, mille tulemusena peab säilima inimese psüühika (teadvus) ja milles esineb ilmselt ka sarnasusi inimese närvisüsteemis eksisteerivate väljade füüsikaga:

1. (Elektromagnet)lainete pikkused, suurused
2. Lainete sagedused
3. Erinevate lainete väljade omavaheline suhestumine ehk konfigureerumine
4. Lainefaasi kiiruse võimalik mõju
5. Lainete liikumistrajektoorid
6. Lainete interferentsi ja difraktsiooni nähtused
7. Lainete liitumised
8. Kui palju on laineid?
9. Lainete paiknemine ruumis
10. Lainete levimiskiirused
11. Lained kui osakesed
12. Lainete ehk osakeste kvantpõimumised

Kogu valgusolendi füüsika peab rangelt baseeruma nendel 12-nel aspektil. Muid võimalusi lihtsalt ei ole. Peame leidma nii sarnasusi kui ka erinevusi valgusolendi ja inimese närvisüsteemi elektromagnetismi füüsika vahel.

2.2.20.2 Sarnasused ja erinevused

Elektromagnetlaines esineb elektri- ja magnetvälja üksteise muutumine, mis on võimeline eksisteerima aegruumis ka ilma laengute olemasoluta.

> Elektri- ja magnetvälja üksteiseks muutumist esineb tegelikult ka elus oleva inimese ajus. Näiteks võime ettekujutada, et närviimpulss ehk elektriline signaal tekitab ümbritsevas ruumis magnetvälja. Kui impulss suubub neuronisse, siis neuron hakkab laenglema, mis tekitab ruumis omakorda elektrivälja. See tähendab ka seda, et magnetväli „muutus“ elektriväljaks ja kui neuronist väljub impulss, siis elektriväli „muutub“ uuesti magnetväljaks. Magnetväli on oma olemuselt liikuv elektriväli.

Kui ruumis levivad elektromagnetlained on üldjuhul üksteisest isoleeritud (kuna

elektromagnetlaine elektri- ja magnetväli on ruumis üsna lokaliseeritud), siis seevastu närvirakud ehk neuronid ei ole aju ruumis üksteisest isoleeritud, mis tähendab seda, et kui neuronid ajus elektriliselt laenglevad, siis elektriväljade kaudu satuvad neuronid üksteise suhtes interaktsiooni (vastastikmõjusse) täpselt nii nagu üksteise lähedale viidud laetud kehad ruumis.

> Kuid närvikiud (näiteks neuronite aksonid) on ümbritsevast ruumist isoleeritud rasvarikka müeliinkestaga, mida toodavad gliiarakud. Gliiarakud ei juhi erutusi. Need rakud isoleerivad üksteisest neuronid ja jätked. Valgeaine hele värvus just sellest tulenebki. Valgeollus ümbritseb ajurakkude ühendusi. Valgeollus sisaldab ajurakkude ühendusteid. Aksoneid ümbritsevates müeliinkestades on katkestused, mida nimetatakse Ranvier´ soonisteks. Müeliinkiht võimaldab signaalil liikuda 100 korda kiiremini. Kuna nende kaudu liigub elektriimpulss, mis tekitab magnetvälja (sest liikuv laeng tekitab ümbritsevas ruumis magnetvälja), siis isolatsiooni tõttu ei saa see interakteeruda ümbritsevas ruumis laenglevate neuronite väljadega. Selles mõttes on liikuvate elektriimpulsside ja paigalolevate laenglevate neuronite väljad üksteisest isoleeritud.

Kogu maailmapilt on inimese ajus erinevate ajupiirkondade vahel ära „liigendatud“. See tähendab seda, et erinevaid psüühilisi omadusi ja teadvuse elamusi töötlevad erinevad lokaalsed ajupiirkonnad. See on teaduslik fakt.

> Kuna inimese kehast väljumise korral „eralduvad“ füüsikalised väljad erinevatest ajupiirkondadest üle terve aju, siis järelikult peaksid töötlema inimese erinevaid psüühilisi omadusi ja teadvuse elamusi kehast väljumise oleku korral samuti just erinevad elektromagnetlainete ehk väljade ruumipiirkonnad. See tähendab seda, et kogu maailmapilt peaks inimese kehast väljunud olekus olema erinevate elektromagnetlainete ruumipiirkondade vahel ära liigendatud täpselt nii nagu on seda erinevate ajupiirkondade korral. Nende kahe vahel peaksid sarnasused olema üsna ilmsed.

> Kuna kogu inimese maailmapilt peaks erinevate elektromagnetväljade ruumipiirkondade vahel olema ära liigendatud täpselt nii nagu on seda erinevate ajupiirkondade korral, siis seega võivad ruumis paiknevate miljonite elektromagnetlainete „asendid“ üksteise suhtes olla sarnaselt nii nagu seda on miljonite neuronite väljade korral inimese bioloogilises ajus. See tähendab seda, et miljonite elektromagnetlainete paiknemised ruumis ehk nende üldine ruumiline struktuur/ehitus peab sarnanema inimese aju (närvisüsteemi) neuronite võrgustiku ehitusega. Näiteks miljonid neuronid moodustavad sellise ühtse bioloogilise süsteemi ehk võrgustiku, mida me väljaspoolt näemegi ajuna. Täpselt sama peaks olema ka miljonite elektromagnetlainetega hyperruumis ehkki kehast väljunud inimene näeb väljaspoolt „ühtse valgusväljana“.

Elektromagnetlaine elektriväli on ajas impulsseeruv, mis tähendab seda, et see väli tekib ja kaob ajas perioodiliselt. See sarnaneb närvirakkude laenglemistega ajas. Ka neuronite ümber olevas ruumis tekivad elektriväljad ajas perioodiliselt. Elektromagnetlaines olev magnetväli tekib ajas samuti perioodiliselt. See sarnaneb aga närvikoes liikuvate närviimpulssidega, sest liikuvad laengud tekitavad ajus magnetväljasid.

Kuna kõik elektromagnetlained „liiguvad“ hyperruumist tavaruumi (selline on nende kõikide lainete ühine kiirusvektor) ja kõik lained liiguvad kiirusega c, siis seega on need lained (ehk väljad) üksteise suhtes paigal ja seetõttu ei oma erinevate lainete liitumised, inteferents ja difraktsioon siin mingit mõtet. Ka neuronid ja nende laengute väljad on ajus üksteise suhtes paigal. Neuronid ajus ei liigu, liiguvad ainult elektriimpulsid.

Kuna kõik elektromagnetlained on üksteise suhtes paigal, siis seetõttu ei saa esineda erinevate lainete omavahelisi liitumisi ja sellest tulenevalt ka optikast tuntud nähtused nagu näiteks lainete interferents ja difraktsioon.

MÄRKUS: Neuronid liiguvad ajus ainult siis kui need arenevad närvisüsteemi kujunemise käigus spetsialiseerumata tüvirakkudest. Sellisel ajal rändavad nad ajus enda tegevuspaikadesse.

2.2.20.3 Erinevaid teadvuse aspekte töötlevad aju erinevad piirkonnad

Teadvuselamus on ruumis ühtne, kuid erinevaid teadvuse aspekte töötlevad aju erinevad piirkonnad. See tähendab seda, et inimese maailmapilt on aju erinevate piirkondade vahel ära liigendatud ehk ruumiliselt lahus. Maailmapilt on ajus ruumiliselt lahus, kuid teadvuses ühtne.

Inimese teadvuslik kogemus on ruumis ühtne. See tuleneb otseselt inimese subjektiivsest kogemusest, mida võib käsitleda kui faktina. Teaduslikud aju uuringud aga näitavad, et inimese maailmapilt on aju erinevate piirkondade vahel ära liigendatud. Näib, et inimese subjektiivne kogemuslik fakt teadvuse omadustest on vastuolus teaduslike aju uuringute andmetega.

Kesk- ja perifeerse ehk piirdenärvisüsteemi koostöö tulemusena kujuneb inimesel mistahes käitumisvorm. Peaaju juhib inimese kõiki käitumisviise. Peaaju, seljaaju ja närvid moodustavad närvisüsteemi. Närvisüsteem koosneb närvirakkudest ehk neuronitest ja närvirakkude kogumeid nimetatakse „tuumadeks“. Aju hallaine moodustavad närvirakkude kogumid, mis paistavad hästi silma ja on mõõtmetelt üsna suured. Suurte närvirakkude kogumite sees eristuvad mitmed väiksemad tuumad. Aju valgeaine moodustavad närvirakkude pikad jätked. Need ajupiirkonnad on palju heledamad.

Mõned olulisemad ajuosad on ajukoor, talamus, keskaju, mõhnkeha, nägemisnärv, ajuripats, hüpotalamus, ajusild, piklikaju ja väikeaju. Inimese peaaju jagatakse eesajuks, vaheajuks, keskajuks, ajusillaks, väikeajuks ja piklikajuks.

Piklikaju on seljaaju jätkuks ja selles asuvad sellised tuumad, mis kontrollivad näiteks inimese hingamist, vereringet, neelamist ja kehaasendit. Piklikaju läheb üle ettepoole võlvuvaks ajusillaks, milles asuvad sellised tuumad, mis kontrollivad näiteks inimese tähelepanu, ärkvelolekut, und, näolihaseid, keelt, silmi ja kõrvu. Väikeaju asub ajusillast selgmisel pool. Väikeajus olevad neuronid tagavad tasakaalustatud kehaasendi ja liigutuste täpsuse. Nägemis- ja kuulmismeelte kaudu jõuab info keskajusse. Erinevaid asju kaugelt märgata võimaldabki hästi arenenud keskaju. Keskaju kontrollib ärkveloleku ja une vaheldumist, koordineerib liigutusi, võimaldab tajuda valu ja aitab hoida kehatemperatuuri.

Talamus ja hüpotalamus moodustab vaheaju. Talamuses asuvad sellised tuumad, mida võib tõlgendada „vahejaamadena“ tajutud info edastamisel ajukoorde. See tähendab seda, et enne info jõudmist ajukoorde läbib see talamuse tuumasid, milles toimub samuti infotöötlus.

Talamus on esimene ajupiirkond, mis nägemisaistingut töötleb. Talamuses analüüsivad osad neuronid värvusi ja kontuure, kuid teised aga liikumist ja sügavust. Kuid lõplik visuaalne pilt moodustub visuaalses ajukoores ehk korteksis, kuhu suunduvad lõpuks nägemisnärvi kiud. Visuaalsest korteksist omakorda saadetakse nägemisinfo aju teistele osadele. Peab ära märkima, et visuaalse kujutise saatmise intensiivsus väheneb, kui aju on visuaalsest infost juba aru saanud.

Valgusaistinguid võtavad silmas vastu retseptorid, mida on kahte liiki. Värvuste

peale reageerivad kolvikesed ja nõrga valguse peale kepikesed. Retseptorid muudavad erutuse elektriimpulssideks ja need saadetakse nägemisnärvi. Parem ja vasak nägemisväli omavahel ühendatakse nägemisnärvi ristmikus, kus närvikiud, mis lähtuvad mõlemast silmast, omavahel kohtuvad. Pärast ühendumist saadetakse nägemisaisting edasi sügavamale aju soppidesse.

Inimese silmapõhjas asub närvirakkudest võrk, mis on mitmekihiline ja kus sinna jõudev valgus muundub närviimpulsideks. Mõlematest silmadest jõuab umbes miljon närvikiudu otse ajukoesse, milles visuaalne info on erinevate piirkondade vahel ära liigendatud. Kuid kiudude vahel olev ruumiline kord jääb samasuguseks kogu aja jooksul, mil see suundub ajukoesse. Silma võrkkestal olevad naaberkohad saadavad oma andmed ajus olevatele naaberkohtadesse ja seetõttu jääb ajusse suundunud silmapõhja asukohtade kaart samasuguseks. Nii inimeste kui ka ahvide ajus on selliseid ruumilisi kaarte vähemalt 40. Umbes 80-150 ms võtab aega virgeseisundis inimesel signaali teadvustamine alates ärritaja mõju algusest meeleelundeile. Seni kaua signaali töödeltakse ja moduleeritakse eelteadvuslikult ajukoores. Ajus olevad nägemisalad töötlevad nägemisorganitest saadud informatsiooni spetsialiseeritult. See tähendab seda, et kindlatele kujutistele, mis inimese silmapõhjas tekkida võivad, reageerivad just sellised ajurakud, mis eksisteerivad ühes kindlas nägemisalas.

Hüpotalamus asub talamusest allpool ja selles olevad keskused vastutavad toitumise, vedelikutarbimise, kehatemperatuuri säilitamise ja seksuaalse käitumise eest. Eesaju on selline ajuosa, mis on teistest ajuosadest kõige suurem. Ajukoore all asuvad sellised massiivsed basaaltuumad, mis võimaldavad tahtlikut ja sujuvat liikumist ning osaleda mäluprotsessides. Mandelkeha ehk amügdala talitlus on seotud emotsionaalse õppimisega ja (ruumilised) mälujäljed moodustuvad hippokampuses.

Hipokampuse ajupiirkond koordineerib inimese mälestusi. Mingi mälestuse meenutamisel lülitab see taas sisse tervet aju hõlmava hiiglasliku seosevõrgustiku, mis esimest korda aktiveerus parajasti siis, kui esimese kogemusega talletati mälestused. Uurimused ongi näidanud seda, et mõne kindla inimese, paiga või kontseptsiooni tähistamise juures on aktiveerunud ajus ainult kindlad üksikud neuronid (aktiveerunud võib olla ka üks neuron).

Füüsikaliselt ei ole võimalik, et ühte neuronisse oleks kuidagi talletatud või salvestatud visuaalne kuvand (s.t. informatsioon) näiteks vanaemast. Puhtalt füüsiliselt pole see võimalik. Võimalik on ainult see, et mingi kindel neuron võib oma laenglemisega ja oma seostega teiste neuronitega aktiveerida rida teisi neuroneid või isegi neuronipopulatsioone nii, et lõpuks tekib inimesel peas kujutis vanaemast.

Hipokampuse ajupiirkonda aetakse mõnikord segamini „ventraalse katendialaga“, mis on inimese aju kõige vanem osa. See juhib janu, nälga ja armastust.

Amügdala ajupiirkond kontrollib inimese raevu, stressi ja emotsionaalset mälu.

Limbiline süsteem on oluline inimese emotsioonide ja motivatsioonide tekkes. Limbilise süsteemi moodustavad hippokampus, mandelkeha ehk amügdala, hüpotalamus ja ajukoor, eelkõige evolutsiooniliselt vanem ajukoor. Kääruline uuem ajukoor ehk neokorteks võimaldab inimesel mõistuspäraselt käituda.

Inimeste peaajust moodustab ajukoor umbes 80%. Ajukoor on inimestel hästi arenenud ja see eristab meist muudest loomadest kõige paremini. Kuid sellegipoolest ei piiritleta näiteks

intelligentsust ajukoores paiknevana. Inimese ajukoor kontrollib käitumise paindlikkust ja kohasust muutliku olukorraga. Kuid ajukoore töö sõltub üsna suurel määral koorealuste tuumade talitlusest.

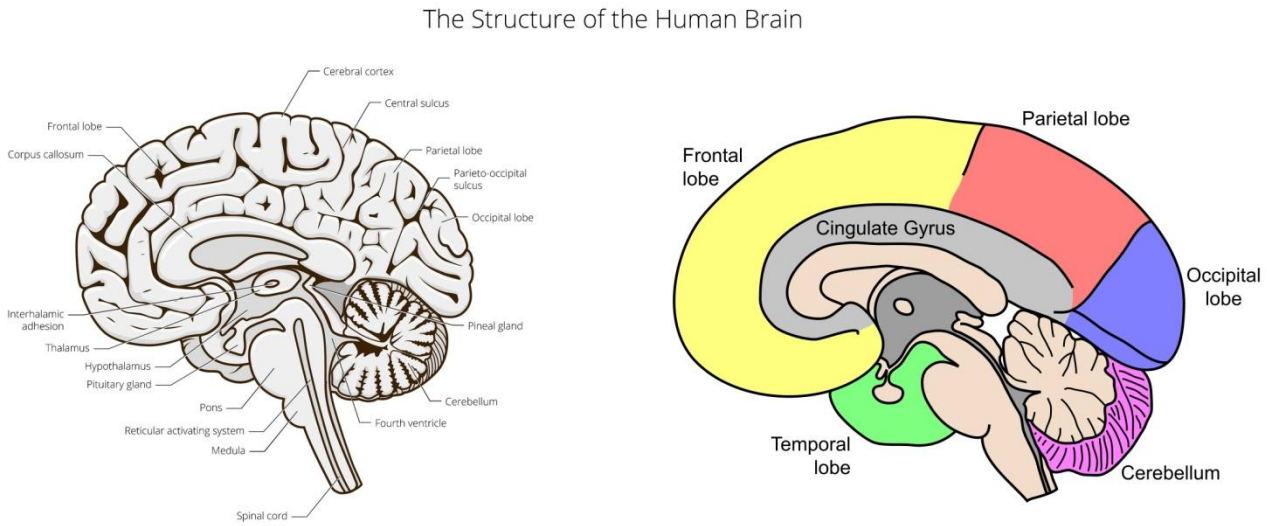
Vasak ja parem ajupoolkera moodustavad eesaju. Claustrumi ajupiirkond töötleb kahe ajupoolkera vahelist suhtlust ja ühendab tähelepanuga seotud piirkondi. Mohamad Koubeissi uurimused on näidanud, et kui ajupiirkonda, mida nimetatakse claustrumiks, elektriliselt stimuleerida, siis kaotab inimene teadvuse ja suureneb aju üldise elektrilise aktiivsuse sünkroonsus.

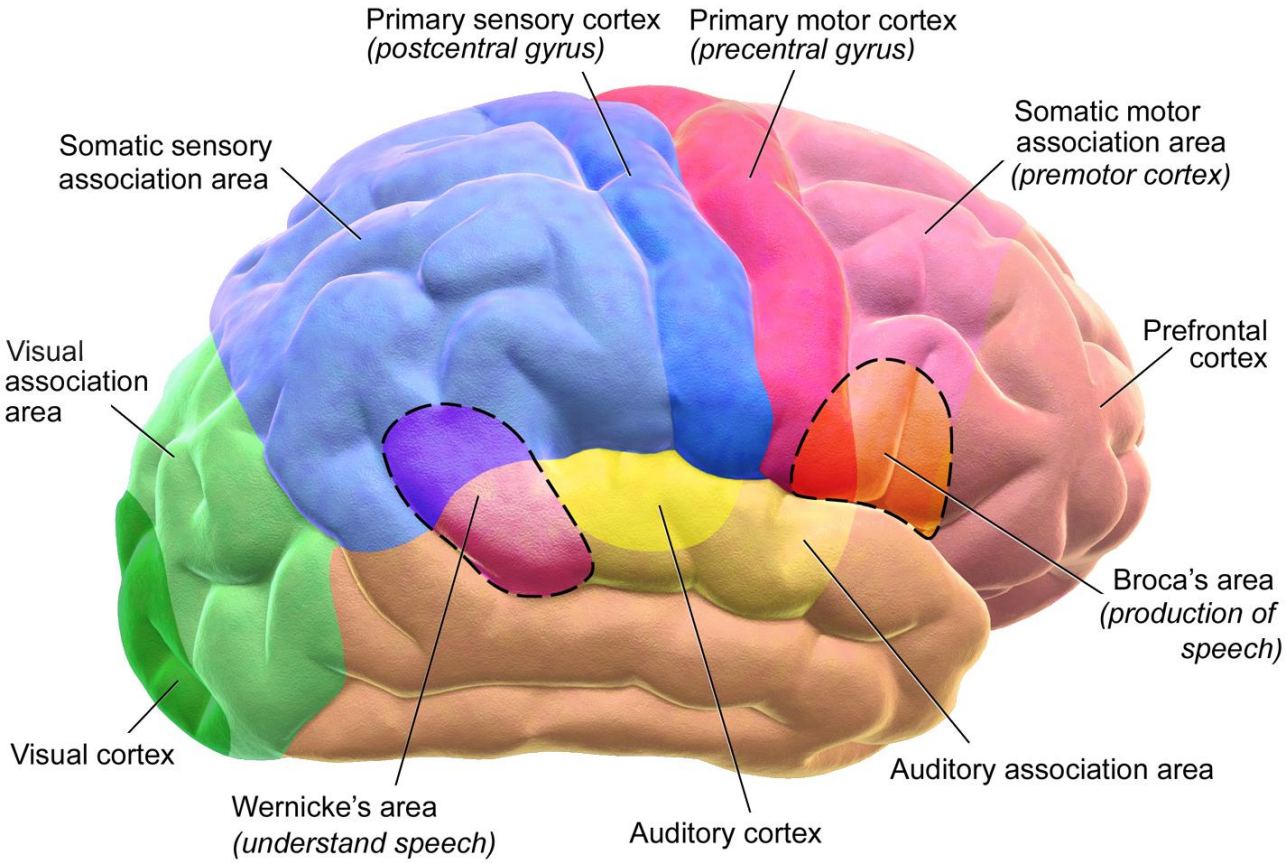
Eesaju poolkerad koosnevad suuremalt jaolt ajukoorest, kuid need jagatakse veel omakorda sagarateks. See tähendab, et suuraju koor jaotub otsmikusagaraks, kiirusagaraks, kuklasagaraks ja oimusagaraks. Ajukoor on käärustunud ja seetõttu esinevad ajukoore pinnal ajukäärud, mida eristavad vaod. Mõned ajukäärud paiknevad sügavamates vagudes. Suuraju koorel on ka silmnähtavad külgvagu ja keskvagu.

Inimese igasugune psüühiline funktsioon ja selle mitmekesisus tagatakse paljude tuumade vahel moodustuvate koostöövõrgustike talitlusega. Mõned neuronid ärgastuvad värvuse peale, kuid teised liikumise peale. Kolmandad aga võivad ärgastuda kella helisemise peale, mis varem on teatanud, et varsti tuuakse toitu.

Ajus olevates piirkondades eksisteerivad spetsiifilised neuronid. Näiteks visuaalset (sensoorset) infot töötlevad ainult teatud neuronid, kuid näiteks akustilisi informatsioone töötlevad aga teised aju neuronid. See tähendab seda, et näiteks nägemistaju ja kuulmistaju keskused asuvad erinevates ajupiirkondades. Kuid neuronid, mis võtavad vastu erinevate ajupiirkondade impulsse, ei ole ilmselt spetsiifilised (näiteks talamuse mittespetsiifilised tuumad). See tähendab seda, et need neuronid töötlevad üheaegselt erinevaid sensoorseid (ajupiirkondade) informatsioone nagu näiteks visuaalseid, akustilisi, mehaanilisi jt. See tähendab seda, et ühed ja samad neuronid võivad esitada erinevaid omadusi. Näiteks värvi ja orientatsiooni. Ajus on olemas ka sellised neuronid, mis aktiveeruvad signaalide peale, mis tulevad erinevatest tajumodaalsustest.

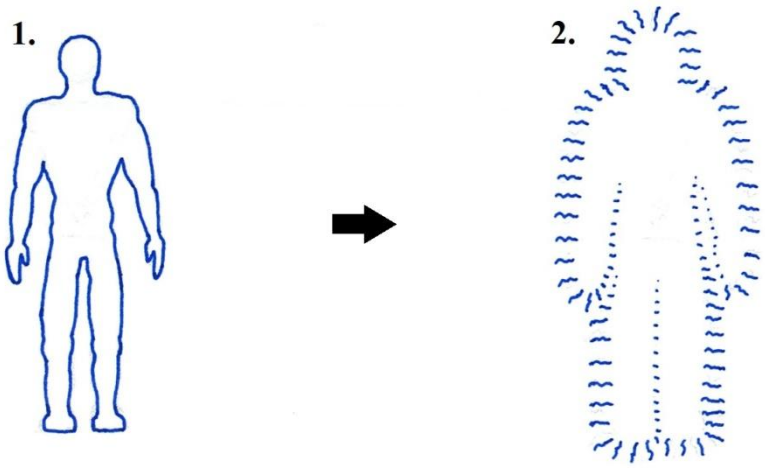
Erinevaid psüühilisi omadusi ja teadvuse elamusi töötlevad erinevad lokaalsed ajupiirkonnad. Joonis (ingliskeelsete terminitega):





2.2.20.4 Erinevaid teadvuse aspekte töötlevad „valgusvälja" erinevad piirkonnad

Inimesed on oma surmalähedaste kogemuste kirjeldamisel mõista andnud, et nende mõistus (teadvus) asub „uues kehas" umbes samas asukohas kus see oli ka füüsilises (ehk bioloogilises) kehas. See tähendab seda, et inimese ehk antud juhul valgusolendi teadvus (ja ka psüühika) „asub" kogu „valguse massi" suhtes (ehk kiirguvate valguslainete ruumi osas) üleval pool nii nagu asub inimese pea (s.t. aju) kõige ülemises keha osas. Nii on seda tundnud kehast väljunud inimesed oma surmalähedaste kogemuste ajal. Joonis:

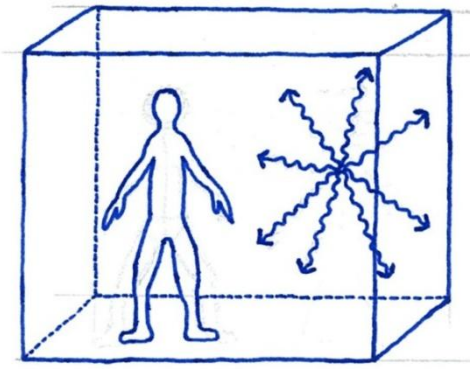


1. Inimese pea (aju) asub kõige ülemises keha osas.

2. Valgusolendi teadvus (psüühiline tegevus) „asub“ kogu „valguse massi“ suhtes (ehk kiirguvate valguslainete ruumi osas) samuti üleval pool.

Hyperruumi tekkivad elektromagnetlained, mis võivad inimese ajust „eralduda“, saavad ruumis olla püsivad. See tähendab seda, et need lained on üksteise suhtes paigal ehk need lained ei haju ajust eraldumisel üksteisest laiali. Sellisel juhul saab tekkida lainete ehk väljade omavaheline konfiguratsioon, millel võiks baseeruda inimese psüühiline ja teadvuslik tegevus.

> Kui elektromagnetlaine „tekib“ hyperruumi, siis kohe pärast tekkimist hakkab see liikuma hyperruumi suhtes kiirusega c, kuid tavaruumi suhtes jääb see paigale, kuna tavaruum ise ka liigub hyperruumi suhtes kiirusega c. Selline asjaolu põhjustabki „elektromagnetlainete mittehajumist üksteise suhtes“. Valguslainete omavektorid ei liigu hyperruumis sihitult ringi, vaid nende liikumised on suunatud hyperruumist tavaruumi, mis füüsikaliselt väljendubki tavaruumiga kaasa liikumisena hyperruumi suhtes kiirusega c.
>
> > See tähendab seda, et ruumipiirkond, milles eksisteerivad lugematul hulgal üksteisest mittehajuvaid elektromagnetlaineid, võib eksisteerida näiteks otse inimese kõrval, kuid inimene ise seda ei näe ega taju. Joonis:



Kogu maailmapilt on inimese ajus erinevate ajupiirkondade vahel ära „liigendatud“. See tähendab seda, et erinevaid psüühilisi omadusi ja teadvuse elamusi töötlevad erinevad lokaalsed ajupiirkonnad. Kuna inimese kehast väljumise korral „eralduvad“ füüsikalised väljad erinevatest ajupiirkondadest üle terve aju, siis järelikult peaksid töötlema inimese erinevaid psüühilisi omadusi ja teadvuse elamusi kehast väljumise oleku korral samuti just erinevad elektromagnetlainete ehk väljade ruumipiirkonnad. See tähendab seda, et kogu maailmapilt peaks inimese kehast väljunud olekus olema erinevate elektromagnetlainete ruumipiirkondade vahel ära liigendatud täpselt nii nagu on seda erinevate ajupiirkondade korral. Nende kahe vahel peaksid sarnasused olema üsna ilmsed.

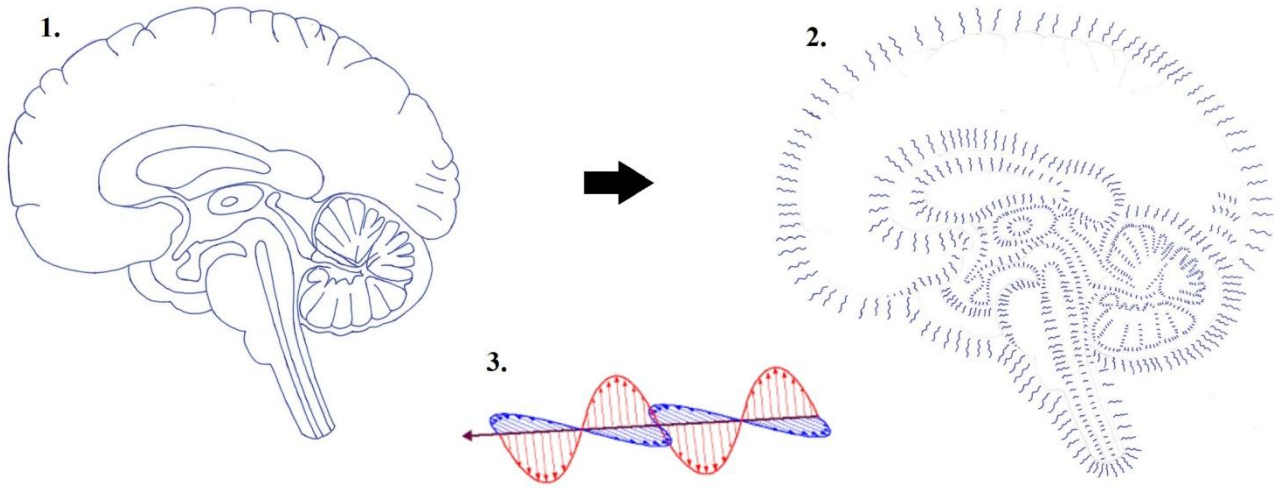
> > Kuna elektriimpulsid tekivad ja levivad praktiliselt kõikjal inimese närvisüsteemis ehk kogu närvisüsteemi ulatuses (kõikjal kus on neuronid ja nende jätked), siis seega peaksid nendes tekkivad elektromagnetlained tekkima ka hyperruumi samuti kogu närvisüsteemi ulatuses.

Kuna kogu inimese maailmapilt peaks erinevate elektromagnetväljade ruumipiirkondade vahel olema ära liigendatud täpselt nii nagu on seda erinevate ajupiirkondade korral, siis seega võivad ruumis paiknevate miljonite elektromagnetlainete „asendid“ üksteise suhtes olla sarnaselt nii nagu seda on miljonite neuronite väljade korral inimese bioloogilises ajus. See tähendab seda, et miljonite elektromagnetlainete paiknemised ruumis ehk nende üldine ruumiline struktuur/ehitus

peab sarnanema inimese aju (närvisüsteemi) neuronite võrgustiku ehitusega. Näiteks miljonid neuronid moodustavad sellise ühtse bioloogilise süsteemi ehk võrgustiku, mida me väljaspoolt näemegi ajuna. Täpselt sama peaks olema ka miljonite elektromagnetlainetega hyperruumis ehkki kehast väljunud inimene näeb väljaspoolt „ühtse valgusväljana“.

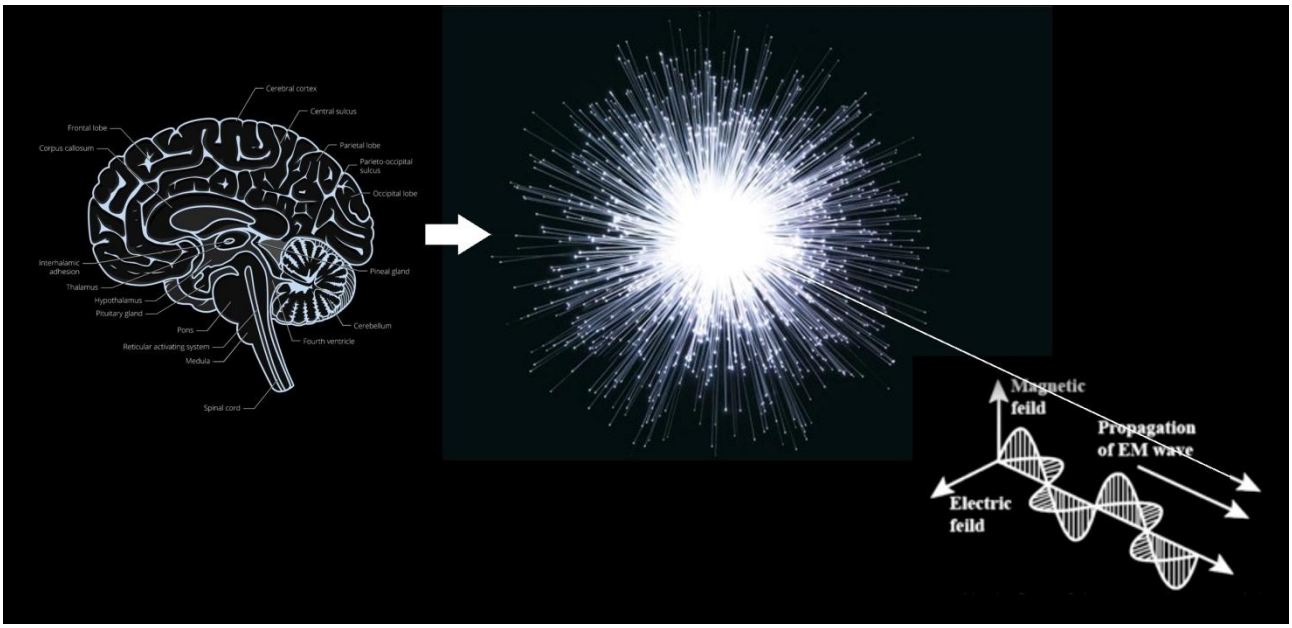
> Näiteks inimese silmapõhjas asub närvirakkudest võrk, mis on mitmekihiline ja kus sinna jõudev valgus muundub närviimpulsideks. Mõlematest silmadest jõuab umbes miljon närvikiudu otse ajukoesse, milles visuaalne info on erinevate piirkondade vahel ära liigendatud. Kiudude vahel olev ruumiline kord jääb samasuguseks kogu aja jooksul, mil see suundub ajukoesse. Selline ruumiline kord peaks esinema ka elektromagnetväljade süsteemis, mis on inimese ajust eraldunud.
>
> Näiteks silma võrkkestal olevad naaberkohad saadavad oma andmed ajus olevatele naaberkohtadesse ja seetõttu jääb ajusse suundunud silmapõhja asukohtade kaart samasuguseks. Nii inimeste kui ka ahvide ajus on selliseid ruumilisi kaarte vähemalt 40. Selliseid ruumilisi kaarte peaks samuti esinema elektromagnetväljade süsteemis, mis on inimese ajust eraldunud.

Kogu maailmapilt peaks inimese kehast väljunud olekus olema erinevate elektromagnetlainete ruumipiirkondade vahel ära liigendatud täpselt nii nagu on seda erinevate ajupiirkondade korral. See tähendab ka seda, et „ruumis“ paiknevate miljonite elektromagnetlainete „asendid“ üksteise suhtes peavad olema sarnaselt nii nagu seda on miljonite neuronite elektriväljade korral inimese bioloogilises ajus. Seda järgmine joonis meile illustratiivselt visualiseeribki:



1. Inimese aju visuaalne kujutis.
2. Elektromagnetlained, mille paiknemised (asukohad) ruumis sarnanevad inimese aju neuronite paiknemistega ruumis.
3. Elektromagnetlaine kujutis suurendatult

Miljonid neuronid moodustavad sellise ühtse bioloogilise süsteemi ehk võrgustiku, mida me väljaspoolt näemegi tervikliku ajuna. Täpselt sama peaks olema ka miljonite elektromagnetlainete-ga hyperruumis, kuid ajust eraldunud elektromagnetlained näevad väljaspoolt „ühtse valgusväljana“. Joonis:



Siinkohal tuleb lahti seletada mõned olulised mõisted, mis on kasutatud eespool ja mida kasutatakse ka edaspidi:

> Väljad tegelikult ei „eraldu“ inimese ajust. See on illusioon. Väljad tekivad hyperruumi ehk väljapoole aegruumi inimese elektrilise närvitalitluse käigus. See tähendab seda, et väljad ei liigu otseselt ühest dimensioonist teise, vaid elektromagnetlaine tekkimisega tavaruumis tekib see kohe automaatselt ka hyperruumi, kuna elektromagnetlaine eksisteerib täpselt nende kahe dimensiooni piiril. Inimese elektrilise närvitalitluse käigus tekivad elektromagnetlained peale aju ruumi ka veel hyperruumi ehk väljapoole aegruumi. Seetõttu kirjutamegi sõna „eralduma“ jutumärkides, kuna me kasutame seda sõna lihtsuse mõttes ka edaspidi.
>
> Valgusolend eksisteerib hyperruumis, kuid mitte tavaruumis. See tähendab, et kehast väljunud inimene kiirgab valguslaineid hyperruumis (s.t. aegruumist väljapool), mis eksisteerib paralleelselt tavaruumi „kõrval“. See tähendab, et hyperruumi võib mõista kui tavaruumi paralleeldimensioonina, mistõttu eksisteerib valgusolend küll hyperruumis, kuid seda paralleelselt tavaruumiga, jättes mulje eksisteerimisest tavaruumis. Selles mõttes võibki öelda, et kogu maailmapilt peaks inimese kehast väljunud olekus olema erinevate „elektromagnetlainete ruumipiirkondade“ vahel ära liigendatud täpselt nii nagu on seda erinevate ajupiirkondade korral. Sellepärast ongi mõiste „ruumipiirkond“ vahel jutumärkides.
>
> „Valgusvälja“ mõiste tähistab sellist „ruumipiirkonda“, milles eksisteerivad lugematul hulgal üksteisest mittehajuvad elektromagnetlained. See võib eksisteerida näiteks otse elus oleva inimese „kõrval“, kuid inimene ise seda ei näe ega taju.
>
> „Elektromagnetväli“ ja „elektromagnetlaine“ on käesolevas töös samatähenduslikud mõisted.

Eelnevas ja käesolevas peatükis kasutatud fotode allikad:

1. https://www.scientificamerican.com/article/an-hour-of-light-and-sound-a-day-might-keep-alzheimers-at-bay/
2. https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/structure-of-human-brain-section-schematic-vector-6795389
3. https://en.wikipedia.org/wiki/File:Gehirn,_medial_-_Lobi_en.svg

4. https://en.wikipedia.org/wiki/File:Blausen_0102_Brain_Motor%26Sensory_(flipped).png

2.2.20.5 Elektromagnetvälja elektri- ja magnetväli

Elektrivälja impulsi levimiskiirus on võrdne valguse kiirusega vaakumis. Mistahes välja muutumise ruumilise ülekande kiirus ühtib valguse kiirusega vaakumis. See tähendab seda, et kui muutub välja allikas (näiteks elektrilaeng), siis sellest tulenevalt muutub ka väli teatud kaugusel laengust. Kuid selleks kulub teatud aeg. Väli ise (näiteks elektromagnetlaine) levib ruumis valguse kiirusega c. Laine rühmakiirus näitab ära laine (osakese) reaalse liikumiskiiruse ruumis. Kuid elektromagnetlaine faasikiirus näitab aga seda, et kui kiiresti muutub elektriväli magnetväljaks (ja vastupidi). Laine faasikiirus võib olla suurem kui valguse kiirus vaakumis ehk c, kuid laine rühmakiirus on alati väiksem kui c (valguse korral on see c-ga võrdne).

Elektromagnetlaine füüsikaline olemus seisneb elektri- ja magnetvälja üksteise muutumises, mis levib ruumis valguse kiirusega c. Elektrivälja muutumine ühes ruumipunktis põhjustab esimesena muutuva magnetvälja, mille muutus kutsub elektromagnetilise interaktsiooni teel esile elektrivälja muutumise naaberpunktis. Selline elektri- või magnetvälja muutus levib ruumis lainena. Elektrivälja muutus jõuab ühest ruumipunktist teise magnetvälja vahendusel. Magnetvälja muutumisega kaasneb omakorda indutseeritud elektriväli. Magnetväli tekib elektrivälja muutumise tagajärjel sõltumatult muutuva elektrivälja päritolust. Ruumis liikuv elektrilaeng tekitab nii magnetvälja kui ka elektrivälja, mis saavad eksisteerida samaaegselt.

Elektromagnetlaine on oma olemuselt elektromagnetväli, mistõttu on need käesolevas töös üsna sageli samatähenduslikud mõisted. Järgnevalt analüüsime elektromagnetvälja füüsikat matemaatiliselt. Näiteks kõiki elektrilisi ja magnetilisi nähtusi kirjeldavad Maxwelli võrrandid:

$$\begin{cases} rot\vec{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \\ div\vec{H} = 0 \\ rot\vec{H} = \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \\ divE = 0 \end{cases}$$

Tuleb märkida seda, et elektrivälja korral näitab divergents elektrilaengute tihedust ehk allikate tihedust:

$$div\vec{E} = 4\pi\rho$$

kuid elektromagnetlaines ei ole välja allikat:

$$div\vec{E} = 0$$

Elektrilaengute Amper´i seadus diferentsiaalkujul näitab järgmine Maxwelli võrrand:

$$rot\vec{H} = \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \frac{4\pi}{c}\vec{j}$$

kuid elektromagnetlaines laengute liikumist ehk selle voolu ei ole

$$rot\vec{H} = \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + 0$$

Maxwelli esimene võrrand on Faraday induktsiooni seadus, mis ütleb meile seda, et magnetvälja induktsiooni muutus tekitab pööriselise eletrivälja:

$$rot\vec{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$$

Võtame viimasest võrrandist omakorda veel rootori, mis näitab välja keeruselisust:

$$rotrotE = graddiv\vec{E} - \Delta\vec{E} = -\frac{1}{c}rot\frac{\partial H}{\partial t}$$

Kuna divergents elektrivälja korral elektromagnetlaines on null

$$divE = 0$$

ja rootor magnetväljast on

$$rot\vec{H} = \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

siis saame viimase võrrandi teisendada järgmisele matemaatilisele kujule:

$$-\Delta\vec{E} = -\frac{1}{c}rot\frac{\partial H}{\partial t} = -\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}rot\vec{H} = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$$

Niimoodi tuletataksegi elektrivälja võrrand elektromagnetlaine korral:

$$\Delta\vec{E} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0$$

ja sarnaselt ka magnetvälja võrrand:

$$\Delta\vec{H} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} = 0$$

Kuna diferentsiaaloperaatorite matemaatikas nimetatakse d´Alambertiks järgmist seost:

$$\square = \Delta - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2} = \frac{\partial^2}{\partial x_\alpha \partial x_\alpha} = \frac{\partial^2}{\partial {x_1}^2} + \frac{\partial^2}{\partial {x_2}^2} + \frac{\partial^2}{\partial {x_3}^2} + \frac{\partial^2}{\partial {x_4}^2}$$

milles neljas liige on seotud ajaga t

$$x_4 = ict$$

saame seetõttu elektrivälja võrrandi kujuks

$$\square\vec{E} = 0$$

ja niisamuti ka magnetvälja võrrandiks

$$\square\vec{H} = 0$$

Sellisel juhul oleks näiteks elektrivälja võrrand lahti kirjutatuna aga järgmine:

$$\frac{\partial^2 E}{\partial {x_1}^2}+\frac{\partial^2 E}{\partial {x_2}^2}+\frac{\partial^2 E}{\partial {x_3}^2}+\frac{\partial^2 E}{\partial {x_4}^2}=0$$

milles olev liige

$$\Delta=\frac{\partial^2}{\partial {x_1}^2}+\frac{\partial^2}{\partial {x_2}^2}+\frac{\partial^2}{\partial {x_3}^2}$$

on Laplace operaator.

Analüüsime veelkord Maxwelli esimest võrrandit:

$$rot\vec{E}=-\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{H}}{\partial t}$$

Magnetväli on seotud elektromagnetvälja vektorpotentsiaaliga $\vec{A}$

$$\vec{H}=rot\vec{A}$$

ja sellest divergents on null

$$divrot\vec{A}=0$$

Seetõttu saame Maxwelli esimese võrrandi kirjutada kujule:

$$rot\vec{E}=-\frac{1}{c}rot\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}$$

Võtame rootori ühiseks teguriks sulgude ette:

$$rot\left(\vec{E}+\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}\right)=0$$

milles sulgudes olev liige on võrdne väljatugevusega

$$\vec{E}+\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}=-grad\varphi$$

Seda nimetatakse ka elektromagnetlaine skalaarseks potentsiaaliks. Tegemist on Maxwelli esimese võrrandiga, mis on esitatud potentsiaalide kaudu:

$$\vec{E}=-\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}-grad\varphi$$

ja selle ruumilised komponendid esitatakse järgmise võrrandisüsteemina:

$$\begin{cases}E_1=i\left(\dfrac{\partial A_4}{\partial x_1}-\dfrac{\partial A_1}{\partial x_4}\right)\\ E_2=i\left(\dfrac{\partial A_4}{\partial x_2}-\dfrac{\partial A_2}{\partial x_4}\right)\\ E_3=i\left(\dfrac{\partial A_4}{\partial x_3}-\dfrac{\partial A_3}{\partial x_4}\right)\end{cases}$$

milles neljas komponent on seotud jällegi ajaga

$$A_4\equiv i\varphi$$

ja

$$x_4 \equiv ict$$

Sulgudes olevat avaldist nimetatakse 2-st järku neljamõõtmeliseks antisümmeetriliseks tensoriks:

$$\frac{\partial A_\beta}{\partial x_\alpha} - \frac{\partial A_\alpha}{\partial x_\beta} = F_{\alpha\beta}$$

sest $F_{\alpha\beta} = -F_{\beta\alpha}$.

Maxwelli teine võrrand on elektrilaengute Amper´i seadus diferentsiaalkujul:

$$rot\vec{H} = \frac{1}{c}\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \frac{4\pi}{c}\vec{j}$$

Magnetväli on seotud elektromagnetvälja vektorpotentsiaaliga $\vec{A}$

$$\vec{H} = rot\vec{A}$$

mille rootor avaldub omakorda järgmiselt:

$$rotrot\vec{A} = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} - \frac{1}{c}grad\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{4\pi}{c}\vec{j}$$

Matemaatikas kehtib järgmine diferentsiaaloperaatorite omavaheline seos, mida me siin tõestama ei hakka:

$$rotrot\vec{F} = graddiv\vec{F} - \Delta\vec{F}$$

Sellest tulenevalt saame järgmise võrduse:

$$graddiv\vec{A} - \Delta\vec{A} = -\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} - \frac{1}{c}grad\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{4\pi}{c}\vec{j}$$

milles viime osad liikmed teisele poole võrdusmärki ja võtame gradiendi ühiseks teguriks sulgude ette:

$$\Delta\vec{A} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} = -\frac{4\pi}{c}\vec{j} + grad\left(div\vec{A} + \frac{1}{c}\frac{\partial \varphi}{\partial t}\right)$$

ja saamegi järgmise väga olulise võrrandi

$$\Delta\vec{A} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \vec{A}}{\partial t^2} = -\frac{4\pi}{c}\vec{j}$$

Sulgudes olev liige võrdub nulliga:

$$div\vec{A} + \frac{1}{c}\frac{\partial\ \varphi}{\partial t} = 0$$

sellepärast et

$$div\vec{A} = -\frac{1}{c}\frac{\partial\ \varphi}{\partial t}$$

ja seetõttu

$$grad0 = 0$$

Elektromagnetlaine korral nimetatakse avaldist

$$\Delta\vec{A} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\vec{A}}{\partial t^2} = 0$$

skalaarpotentsiaaliks.

Divergents näitab vektorvälja allikat. Elektrivälja korral näitab divergents elektrilaengute tihedust ehk allikate tihedust:

$$div\vec{E} = 4\pi\rho$$

Kuna eelnevalt tuletasime järgmise seose:

$$\vec{E} = -grad\varphi - \frac{1}{c}\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}$$

siis nüüd võtame sellest divergentsi:

$$div\left(-grad\varphi - \frac{1}{c}\frac{\partial\vec{A}}{\partial t}\right) = 4\pi\rho$$

Kuna matemaatikas kehtivad järgmised diferentsiaaloperaatorite omavahelised seosed, mida me siin tõestama ei hakka:

$$div\left(\vec{F} - \vec{G}\right) = div\vec{F} - div\vec{G}$$

ja

$$divgradf = \Delta f$$

siis seega saame viimase võrrandi kirjutada kujule:

$$-divgrad\varphi - \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}div\vec{A} = 4\pi\rho$$

Järgnevalt teostame mõned ümber paigutused

$$\Delta\varphi = -4\pi\rho - \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}div\vec{A}$$

Kuna divergents elektromagnetvälja vektorpotentsiaalist $\vec{A}$ on

$$div\vec{A} = -\frac{1}{c}\frac{\partial\varphi}{\partial t}$$

siis seega saame

$$\Delta\varphi = -4\pi\rho - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2}$$

ehk

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = -4\pi\rho$$

Elektromagnetlaine korral võrdub see nulliga:

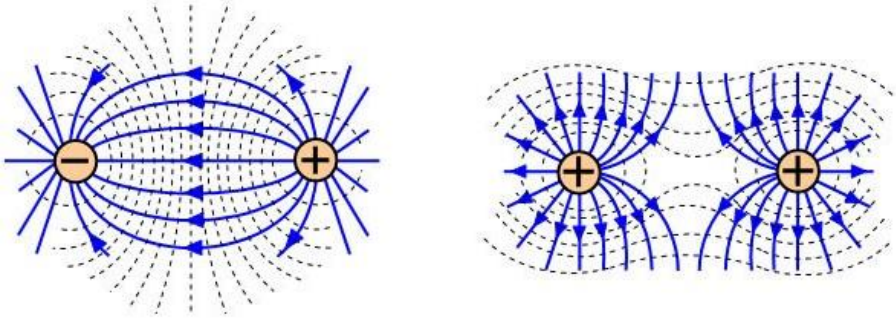
$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = 0$$

ehk tegemist on siis lainevõrrandiga kui laengute tihedus $\rho = 0$. Seda avaldist nimetatakse elektromagnetlaine vektorpotentsiaaliks.

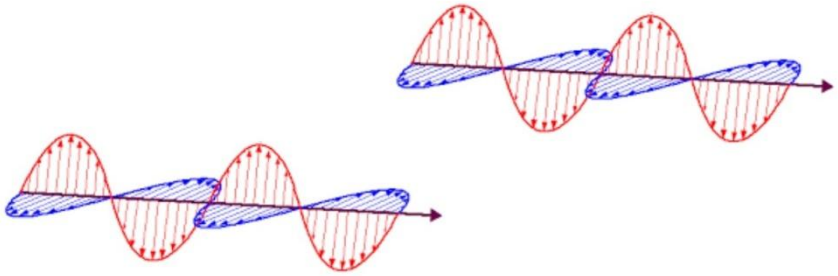
2.2.20.6 Elektromagnetlainete ruumiline ulatus

Valguse kiirusega liikuvas elektromagnetlaines on elektrivälja ja magnetvälja ulatus ruumis lokaliseeritud. See tähendab seda, et energiaväli omab ruumis kindlaid mõõtmeid (ehk see ei ole lõpmata ruumilise ulatusega). Kuid laetud keha (näiteks laetud närviraku ehk neuroni või kera laengu) (elektri)välja ulatus ruumis võib teoreetiliselt olla lõpmata ulatusega (ehk kuitahes suur), kui see laetud keha eksisteeriks näiteks lõpmata ulatusega tühjas ruumis. Matemaatiliselt (ja seega füüsikaliselt) on see võimalik.

Näiteks laetud närviraku või laetud kera laengu elektrivälja ulatus ruumis võib teoreetiliselt olla lõpmata ulatusega ehk kuitahes suur, kui see laetud keha eksisteeriks näiteks lõpmata ulatusega tühjas ruumis. Inimese ajus olevad neuronid suhtlevad üksteisega elektrilise laenglemise tulemusena, mis tähendab seda, et neuroni laengu elektriväli mõjutab otseselt teise neuroni laengu välja. Niimoodi suhtlevad omavahel neuronid inimese ajus, mille tulemusena tekib ka väljade konfiguratsioon, mis on inimese teadvuse füüsikaliseks aluseks. Kahe laengu vahelise välja joonised:



Elektromagnetlaine elektri- ja magnetväli on ruumis aga väga lokaliseeritud võrreldes keha laengu väljaga, mis võib teoreetiliselt olla lõpmata ulatusega. Seetõttu ei saa erinevate elektromagnetlainete väljade omavaheline kontakt ja konfiguratsioon olla nii nagu seda on inimese ajus olevate väljade korral, mis on põhjustatud tuhandete neuronite laenglemistest. Joonis, millel on näha kahe erineva elektromagnetlaine vahelise kontakti puudumist:



Inimese ajus olevad neuronid suhtlevad üksteisega kahel erineval viisil:

1. üksteisele impulsse saates (ehk läbi aksnonite, mille kaudu kulgeb informatsioon „elektrilise impulsi“ kujul)

2. elektrilise laenglemise tulemusena (neuroni laengu elektriväli mõjutab otseselt teise neuroni laengu välja). Niimoodi suhtlevad omavahel neuronid inimese ajus, mille tulemusena tekib ka väljade konfiguratsioon, mis on inimese teadvuse füüsikaliseks aluseks.

Elektromagnetlaine elektri- ja magnetväli on ruumis aga väga lokaliseeritud võrreldes keha laengu

väljaga, mis võib teoreetiliselt olla lõpmata ulatusega. Seetõttu ei saa erinevate elektromagnetlainete väljade omavaheline kontakt ja konfiguratsioon olla nii nagu seda on inimese ajus olevate väljade korral, mis on põhjustatud tuhandete neuronite laenglemistest. Erinevate elektromagnetlainete väljade omavaheline kontakt ja seeläbi ka konfiguratsioon (millel põhineb inimese teadvus ja kogu psüühiline tegevus) peab olema kuidagi teisiti avalduv.

2.2.20.7 Elektromagnetlainete omavaheline kommunikeerumine

Elektromagnetlaine elektrivälja kirjeldab füüsika võrrand:

$$\Delta\vec{E} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2} = 0$$

ehk lühemalt kirjutades $\vec{E} = \vec{E}(\omega t - \vec{x}\vec{k})$ või $\vec{E} \sim \overrightarrow{E_0}\, sin(\vec{x}\vec{k} - \omega t)$. Magnetvälja kirjeldava võrrandi on võimalik analoogiliselt avaldada järgmiselt:

$$\Delta\vec{H} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\vec{H}}{\partial t^2} = 0$$

ehk lihtsamalt $\vec{H} = \vec{H}(\omega t - \vec{x}\vec{k})$. Võrrandites esinev k on lainearv (mis on vektor) ja $\Delta = \nabla^2$. Elektromagnetvälja ehk elektromagnetlainet kirjeldava skalaarpotentsiaali võrrand on tuletatud tuntud Maxwelli valemitest:

$$\Delta\vec{A} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\vec{A}}{\partial t^2} = -\frac{4\pi}{c}\vec{j}$$

ja niisamuti ka vektorpotentsiaal

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = -4\pi\rho.$$

Nendest avaldistest saadaksegi järgmised potentsiaalide võrrandid:

$$\Delta\vec{A} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\vec{A}}{\partial t^2} = 0, \quad \Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = 0, \quad div\vec{A} + \frac{1}{c}\frac{\partial\varphi}{\partial t} = 0\ ,$$

milles elektromagnetvälja vektorpotentsiaal on $\vec{A}$, $\vec{H} = rot\vec{A}$ ja $divrot\vec{A} = 0$. Magnetväljal on pseudovektor, kuid elektriväljal on tavaline vektor.

Matemaatilised avaldised näitavad, et elektromagnetlaine elektri- ja magnetväli on ruumis väga lokaliseeritud võrreldes keha laengu väljaga, mis võib teoreetiliselt olla lõpmata ulatusega. Seetõttu ei saa erinevate elektromagnetlainete väljade omavaheline kontakt ja konfiguratsioon olla nii nagu seda on inimese ajus olevate väljade korral, mis on põhjustatud tuhandete neuronite laenglemistest. Erinevate elektromagnetlainete väljade omavaheline kontakt ja seeläbi ka konfiguratsioon (millel põhineb inimese teadvus ja psüühiline tegevus) peab olema kuidagi teisiti avalduv.

Lahendus sellele probleemile seisneb selles, et hyperruumis ei eksisteeri enam aega ega ruumi. Järgnevalt me seda vaatama hakkamegi.

2.2.20.8 Hyperruum ja tavaruum

Kuna tavaruum K liigub hyperruumi K´ suhtes, siis järelikult keha jõudmiseks hyperruumi ehk K´-i peab keha liikumiskiirus tavaruumis K (milles eksisteerib aeg ja ruum) suurenema. Kuna K´-s ehk hyperruumis aega ei eksisteeri (s.t. aeg on lõpmatuseni aeglenenud ehk aeg on peatunud), siis seega lähenedes hyperruumile (ehk keha liikumiskiiruse suurenemisel tavaruumis K) aegleneb aeg. Kuid aja aeglenemine keha liikumiskiiruse kasvades on teada ainult erirelatiivsusteooriast:

> näiteks mida lähemale keha liikumiskiirus jõuab valguse kiirusele vaakumis, seda enam aja kulg aegleneb ja keha pikkus lüheneb.

Keha liikumiskiiruse lähenemist valguse kiirusele vaakumis võib antud kontekstis tõlgendada keha liikumiskiiruse kasvuna tavaruumis K, kuid hyperruumi K´ suhtes hakkab keha paigale jääma. Järelikult K liigub K´-i suhtes kiirusega c. Kuna aeg ja ruum on üksteisest lahutamatult seotud, siis aja aeglenemisega käib kaasas ka keha pikkuse lühenemine, mis on samuti tuntud erirelatiivsus-teooriast.

Erirelatiivsusteoorias kehtib aja dilatatsioon ja keha pikkuse kontraktsioon. Aja dilatatsioon seisneb selles, et mida lähemale jõuab keha liikumiskiirus valguse kiirusele c vaakumis, seda aeglasemalt käib kell paigalseisva vaatleja suhtes:

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

ehk toimub aja aeglenemise efekt. Kui keha liigub täpselt valguse kiirusega c, siis aeg on aeglenenud lõpmatuseni ehk aega ennast enam ei eksisteerigi:

$$\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}\, t' = t = 0$$

See tähendab seda, et keha jõuab „omaajas“ mistahes Universumi ruumipunkti 0 sekundiga. Tema jaoks ei eksisteeri enam aega. Sama lugu on ka keha pikkusega, mille korral kontrakteerub ehk lüheneb keha pikkus nulliks, kui keha liigub valguse kiirusega c:

$$l' = l\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = l\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}} = 0$$

Keha pikkus võrdub nulliga paigalseisva välise vaatleja suhtes.

> Kusjuures aja ja ruumi teisenemised ei ole „näivad“, vaid need on täiesti reaalsed nähtused. Näiteks kui üks kaksikvendadest läheb kosmosereisile ja naaseb hiljem Maale tagasi, siis ei ole vennad enam ühevanused (kaksikute paradoks erirelatiivsusteoorias). Kosmoserändur on jäänud vennast nooremaks. Teoreetiliselt võib vanusevahe suurendada piiramatult.
>
> > Näiteks kui mingi vaatleja siirduks oma tähelaevaga kosmosesse kiirusega, mis läheneb valguse kiirusele vaakumis ja tuleks 22 aastat hiljem maa peale tagasi, siis maa peal on möödunud selle aja jooksul peaaegu 1000 aastat.

Seega vaatleja rändas reaalselt ajas tulevikku.

Kuna aeg võrdub nulliga $t = 0$ ja ka keha pikkus (s.t. „ruum“) võrdub nulliga $l' = 0,$ siis seega need kaks antud juhul võrduvad omavahel:

$$t = l'$$

Selline võrdus kehtib ainult sellisel tingimusel, et aega ja ruumi enam ei eksisteeri ehk aeg on aeglenenud lõpmatuseni ja „ruumi“ pikkus on lühenenud lõpmatult väikeseks ehk nulliks.

> Sellise võrduse korral $t = l'$ on selgesti näha seda, et mida suurem on ajaperiood t, seda pikem on teepikkus l'. Sellest järeldub tõsiasi, et teepikkuse l' suurenemine vastavalt ajaperioodi t suurenemisele näitab mingisuguse seni tundmatu liikuva ruumi dimensiooni olemasolu, mis on tihedalt seotud just aja dimensiooniga. Sellisel juhul on aja koordinaadid vastavuses ruumi koordinaatidega, mis näitab selgelt seda, et liikudes ruumis, liigume ka ajas. Muutujateks on ainult aeg ja ruum. Selline avaldis näitab väga selgesti aja, ruumi ja liikumise omavahelist fundamentaalset seost, mis looduses avaldubki Universumi kosmoloogilise paisumisena. Universumi paisumise korral nähtub samuti liikuva ruumi olemasolu, kuna paisub ruum ise, mitte galaktikad ise ei liigu üksteisest eemale.

Viimasest võrdusest saame:

$$1 = \frac{l'}{t}$$

milles me otseselt nulle ei arvesta ehk $\frac{l'}{t} = \frac{0}{0} \neq 1$. Klassikalisest mehaanikast me teame seda, et teelõigu l ja aja t jagatis defineerib kiirust v ehk $\frac{l}{t} = v,$ siis seega viimane võrrand peab näitama tegelikult mingisugust kiirust v. Kuna antud olukorra range tingimus on see, et aega ja ruumi ei eksisteeri, siis seega kiirus v peab võrduma just valguse kiirusega c, kuna valguse kiirusega c liikumise korral ei eksisteeri enam aega ega ruumi:

$$v = c$$

See tähendab nüüd seda, et võrrandi

$$1 = \frac{l'}{t}$$

mõlemad pooled korrutame valguse kiirusega c, tulemuseks saame:

$$c = c\frac{l'}{t}$$

Kuna $l' = t,$ siis seega saame $c = c$ ehk

$$c = \frac{l}{t}$$

Saadud tulemus näitab valguse kiirust c. Tekib küsimus, et mille kiirust see näitab? See näitab seda, et mingisugune seni tundmatu ruum „liigub“ millegi suhtes valguse kiirusega c. Seda tegelikult kirjeldabki kiiruse c definitsiooni valem:

$$ct = l$$

mille korral on selgesti näha seda, et mida suurem on ajaperiood t (aeg on kui „liikuv“), seda pikem on teepikkus l ehk seda „rohkem“ liigub ruum. Võib öelda ka nii, et mida pikem on teepikkus l ehk mida „rohkem“ liigub ruum, seda pikem on ka ajaperiood t. Valguse kiirus c on konstant, mistõttu on muutujateks ainult aeg ja ruum. Valguse kiirus c näitab „mõõdustikku“:

näiteks ühe sekundi möödumisel on ruum „liikunud“ 300 000 kilomeetrise vahemaa. Selline avaldis näitab väga selgesti aja, ruumi ja liikumise omavahelist fundamentaalset seost.

Aja dilatatsioon sõltus füüsikalise keha liikumiskiirusest v valguse kiiruse c suhtes järgmiselt:

$$t` = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

mille korral on keha liikumiskiirus v alati väiksem valguse kiirusest c ehk $v < c$. Valguse kiirusega c liikuva keha korral ehk „aegruumi piiri“ korral võrdub aja dilatatsioon lõpmatusega:

$$t` = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1 - 1}} = \infty$$

milles $v = c$. Matemaatiliselt on võimalik aga edasi analüüsida. Näiteks aja dilatatsiooni võrrandis oleva ruutjuure alla võib tekkida negatiivne arv:

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{2c^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1 - 2}} = \frac{t}{\sqrt{-1}} = \frac{t}{i}$$

kui kiirus on suurem valguse kiirusest: $v^2 = 2c^2$.

MÄRKUS: Ajas rändamise füüsikateoorias tuletatakse selline energia võrrand:

$$\frac{mv^2}{2} = mc^2$$

mille masside taandamise korral:

$$\frac{v^2}{2} = c^2$$

saadakse eespool esitatava kiiruse ruudu avaldise:

$$v^2 = 2c^2$$

Tegemist on ilmselt kokkusattumusega, kuid sellegipoolest üsna tähelepanuväärse kokkusattumusega, mis võib näidata seda, et antud töös esitatavad matemaatilised tuletused ja avaldised on kõik omavahel seotud ja harmooniliselt kooskõlas.

Niimoodi tekib kompleksne arv, mis sisaldab endas imaginaarühikut: $i = \sqrt{-1}$. Sellisel juhul me näeme seda, et aja dimensioon on muutunud „imaginaarseks“:

$$t = t'i$$

Kuna aeg on sellisel juhul imaginaarne, siis seetõttu peame kasutama kompleksarvude matemaatikat, mis sisaldab imaginaarühikut i. Näiteks kompleksarv esitatakse matemaatikas järgmise võrrandiga

$$z = a + bi$$

ja selle kaaskompleksarv avaldub:

$$z^* = a - bi$$

Kompleksarvu ruut võrdub:

$$z^2 = a^2 + 2abi - b^2$$

milles i on imaginaarühik $i = \sqrt{-1}$, võrrandi reaalosa on

$$z^2 = a^2 - b^2$$

ja imaginaarosa

$$z^2 = 2ab$$

Kuid kompleksarvu võrrandi

$$z = a + bi$$

a liige on võrrandi reaalosa ja bi liige on imaginaarosa ning a ja b ise on reaalarvud.

Kompleksarvu imaginaarühik i väljendub matemaatilises analüüsis ka geomeetrilise funktsioonina:

$$\sqrt{-1} = e^{i\frac{\pi}{2}} = i$$

ehk

$$\sqrt{-1} = e^{i\frac{3}{2}\pi} = -i$$

Imaginaarühik i võib olla positiivne või negatiivne: $\sqrt{-1} = \pm i$.

Ajamõõde ehk ajaline dimensioon muutus meil antud juhul imaginaarseks:

$$t` = \frac{t}{\pm i}$$

ehk

$$t = t`i$$

Kompleksarvu võrrandina avaldub see aga järgmiselt:

$$t = z = 0 + t`i = t`i$$

ehk

$$t = t`i$$

milles võrrandi reaalosa on null ja imaginaarosa on t`i. Sellisel juhul on võrrandis:

$$t = z = a + bi$$

a = 0 ja b = t`. Kuna võrrandi reaalosa võrdub nulliga, siis seega füüsikalisi järeldusi ei ole võimalik teha, sest füüsikalisi nähtusi või seadusi on võimalik kirjeldada ainult võrrandi reaalosaga. Näiteks Schrödingeri võrrand

$$-\frac{h^2}{2m}\Delta\Psi + U\Psi = ih\frac{d\Psi}{dt}$$

sisaldab imaginaarühikut ja seega on selle võrrandi kõik lahendid üldiselt kompleksarvuliste väärtustega. Arvestada tuleb ainult võrrandi reaalosa. Kompleksarve ei ole võimalik järjestada. Kompleksarvud füüsikas ise ei oma tegelikult füüsikalisi tähendusi, vaid tuleneb ainult matemaatikast. Paljud füüsika võrrandid kirjutatakse sageli komplekskujul, sest siis on lihtsam sooritada arvutusi (näiteks tuletusi ja integreerimist). Kuna Schrödingeri võrrand on kvantmehaanika põhivõrrand, mis on ka komplekskujul, siis peaaegu ka kõik teised kvantmehaanika matemaatilised avaldised on kompleksed. Näiteks x-telje positiivses suunas leviva tasalaine võrrand

$$\xi(x,t) = acos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x\right)$$

esitatakse ka komplekskujul:

$$\xi(x,t) = ae^{-i\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x\right)}$$

Kvantmehaanikas vastab igale füüsikalisele suurusele (energia, impulss vms) mingi kindel operaator. Füüsikaliste suuruste operaatorite saamiseks on enamasti vaja teada ainult koordinaadi ja impulsi operaatoreid. Koordinaadi operaatorid (ristkoordinaatides) on vastavad koordinaadid ise. Need on arvuga korrutamise operaatorid. Kuid impulssi operaatori korral on tegemist juba arvuga korrutamise operaatori ja diferentseerimisoperaatori korrutisega. Igale füüsikalisele suurusele vastab mingi kindel operaator ja operaatori omaväärtused annavad selle füüsikalise suuruse mõõdetavad väärtused. Füüsikaliste operaatorite omaväärtused peavad olema reaalarvulised, mitte imaginaarsed, sest kõik füüsikaliselt mõõdetavad suurused on reaalarvulised. Kuid kvantmehaanikas leiduvad ka selliseid lineaarse operaatori omaväärtused, mis ei ole reaalsed. Hermiitilise operaatori korral on kaasoperaator võrdne selle operaatori endaga. Füüsikaliste suuruste operaatorid peavad kvantmehaanikas olema hermiitilised, mille korral on selle omaväätused reaalsed.

Kui kompleksarvu võrrandi reaalosa võrdub nulliga, siis seega füüsika seadusi ei saa see kirjeldada, sest füüsikalisi nähtusi või seadusi on võimalik kirjeldada ainult võrrandi reaalosaga. Sellest tulenevalt püüame esitadada sellise matemaatilise ja füüsikalise analüüsi, mille korral nähtub kompleksarvu reaalosa ja imaginaarosa. Näitame selle võimalikust järgnevalt.

Näiteks kui me viime eespool saadud võrrandis

$$t = t`i$$

ühe liikme teisele poole võrdusmärki:

$$t - t'i = 0$$

siis saame „rakendada“ kaaskompleksarvu võrrandit:

$$z^* = a - bi$$

ehk

$$z^* = t - t'i$$

Selles kaaskompleksarvu võrrandis on konstandiks null:

$$z^* = 0 = const$$

ja reaalosaks $t = a$ ning imaginaarosaks $-bi = -t'i$. Kuna eespool saime aja ja ruumi võrduse avaldise:

$$t = l'$$

ning käesolevas teemas oleva avaldise:

$$t = t'i$$

siis seega saame kaaskompleksarvu võrrandi kirjutada kujule:

$$z^* = t - l'$$

milles $l' = t'i$. Saadud kaaskompleksarvu z* võrrandis näeme, et võrrandi reaalosa on t ja imaginaarosa on l’. Kuna kaaskompleksarv z* on konstant ehk see peab alati võrduma nulliga, siis seega aja t muutumisel peab muutuma ka pikkus l’. See näitab seda, et mida suurem on ajaperiood t (aeg on kui „liikuv“), seda pikem on teepikkus l’ ehk seda „rohkem“ liigub ruum. Võib öelda ka

nii, et mida pikem on teepikkus l' ehk mida „rohkem“ liigub ruum, seda pikem on ka ajaperiood t. Kaaskompleksarv z* on konstant ehk see võrdub alati nulliga, mistõttu on muutujateks ainult aeg ja ruum. Võrrandist nähtub, et aeg t on reaalne ja seetõttu saab see kirjeldada meie igapäevaselt kogetavat aega. Kuid pikkus l' on imaginaarne ja seetõttu ei saa kirjeldada selline ruumidimensioon meie igapäevaselt tajutavat ruumi, vaid see peab kirjeldama mingisugust seni tundmata ruumidimensiooni, mis peab jääma meie igapäevaselt tajutavast ruumist „väljapoole“.

MÄRKUS 1: Siinkohal tuleb märkida seda, et kui eelnev analüüs kehtis kaaskompleksarvu võrrandi korral:

$$z^* = a - bi$$

siis täpselt samasugune analüüs ei saa kehtida „tavalise“ kompleksarvu võrrandi korral:

$$z = a + bi$$

kuna sellisel juhul ei saa z võrduda enam nulliga ja z ei saa olla ka mingisugune konstant.

MÄRKUS 2: Valguse kiirusega c liikuva keha korral ehk „aegruumi piiri“ korral võrdus aja dilatatsioon lõpmatusega:

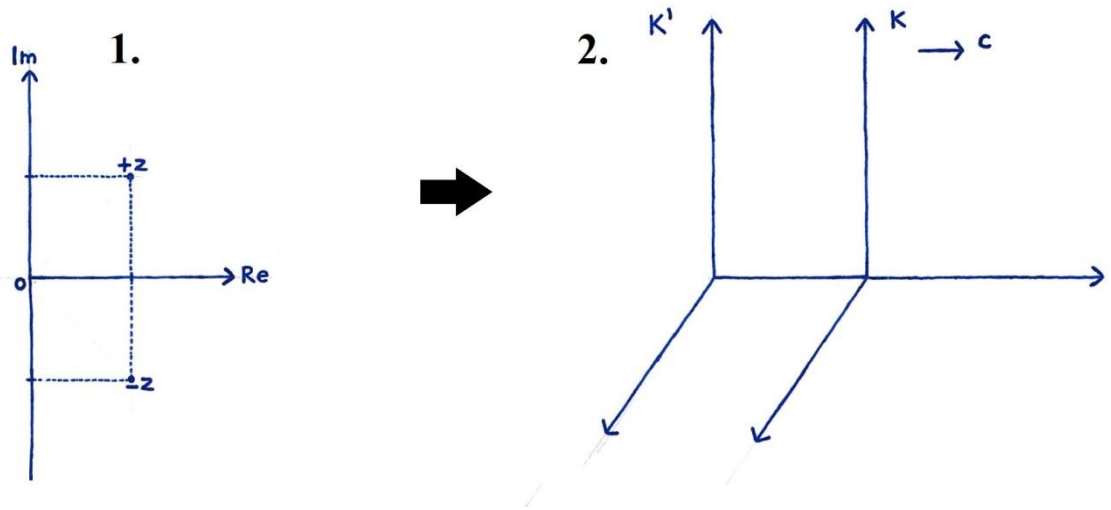
$$t` = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1-1}} = \infty$$

milles $v = c$. Sellisel juhul ehk aja ja ruumi eksisteerimise lakkamise korral saime tuletada aja ja ruumi võrduse: $t = l'$. Selline seos näitas seda, et ajas rändamiseks tuleb liikuda ruumis, mis „eksisteerib tavaruumist“ väljapool ja milles ei eksisteeri enam aega ega ruumi. Kuid aja dilatatsiooni võrrandis oleva ruutjuure alla võis tekkida negatiivne arv:

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{2c^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1-2}} = \frac{t}{\sqrt{-1}} = \frac{t}{i}$$

kui kiirus on suurem valguse kiirusest: $v^2 = 2c^2$. Sellisel juhul võib see negatiivne arv olla kuitahes suur, ulatudes isegi negatiivse lõpmatuseni ($-\infty$). See näitab seda, et tavaruumist väljapool olev ruum on tegelikult „imaginaarne ruum“ ja aja dilatatsiooni lõpmatus $t' = \infty$ näitab imaginaartelje alguspunkti. See tähendab, et kogu imaginaarse ruumi ehk kogu imaginaartelje ulatuses avaldub aja ja ruumi eksisteerimise lakkamine ehk näiteks $t' = \infty$.

Allolev graafik/joonis näitab kompleksarvu +z ja –z graafilist esitust (punktis 1.), millel on näha reaaltelge Re ja imaginaartelge Im. Kaaskompleksarvuks on –z. Kuna reaaltelg näitab aega t ja imaginaartelg näitab ruumi(pikkust) l', siis seega järeldub sellest otseselt see, et igal ajahetkel on olemas oma ruumipunkt ehk „ajas rändamise korral peame liikuma mingisuguses ruumidimensioonis“. Sellest tulenevalt saame esitada palju mõistetama joonise (punkt 2.), mille korral on näha hyperruumi K' ja tavaruumi K koordinaadistikke. Sellisel juhul liigub tavaruum K hyperruumi K' suhtes kiirusega c ehk mida kauem kestab aeg (mida pikem on ajaperiood), seda pikema tee oleme läbinud hyperruumis K'. Hyperruum K' oleks antud juhul „imaginaarne ruum“ ja tavaruum K oleks meie igapäevaselt tajutav ruum ehk „reaalne ruum“. Joonis:



Kaaskompleksarvu analüüs näitab väga selgesti aja, ruumi ja liikumise omavahelist fundamentaalset seost, mis looduses avaldubki tavaruumi K liikumisena hyperruumi K' suhtes ehk Universumi kosmoloogilise paisumisena.

2.2.20.9 Aegruumi intervall

Mida enam aeg teiseneb välisvaatleja suhtes, seda väiksema „omaajaga" τ mingisugust vahemaad ruumis läbitakse ehk seda suuremaks muutub keha „omakiirus". Seda näitab aegruumi intervalli meetriline võrrand, mis kirjeldab kahe punkti vahelist kaugust ds neljamõõtmelises aegruumis. See tähendab seda, et aja dilatatsiooni valemist on võimalik matemaatiliselt tuletada aegruumi intervalli võrrand. Selleks teeme alustuseks eelnevalt tuletatud aja dilatatsiooni valemis järgmised matemaatilised teisendused:

$$t = \frac{\tau}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

ehk

$$\tau = t\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Tõstame viimase võrrandi mõlemad pooled ruutu

$$\tau^2 = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) dt^2$$

milles dt on

$$dt = \Delta t = t_2 - t_1$$

ja seega saame viimase võrrandi kirjutada kujul

$$\tau^2 = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) (t_2 - t_1)^2$$

Kahe ruumipunkti vahelist kaugust kolmemõõtmelises ruumis kirjeldab valem

$$l^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$$

milles kolme ruumikoordinaadi liikmed on vastavalt

$$dx = x_2 - x_1$$
$$dy = y_2 - y_1$$
$$dz = z_2 - z_1$$

Klassikalises mehaanikas defineeritakse keha liikumiskiirust v teepikkuse l ja aja t jagatisena:

$$v = \frac{l}{t}$$

Tõstame kiiruse v võrrandi mõlemad pooled ruutu ja arvestame sealjuures ka eelmisi seoseid:

$$v^2 = \frac{l^2}{(t_2 - t_1)^2} = \frac{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}{(t_2 - t_1)^2}$$

Viime selle kiiruse ruudu eelnevalt tuletatud võrrandisse:

$$\tau^2 = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)(t_2 - t_1)^2$$

ja korrutame võrrandi mõlemad pooled valguse kiiruse c ruuduga, tulemuseks saamegi aegruumi intervalli, mis kirjeldab kahe punkti vahelist kaugust neljamõõtmelises aegruumis:

$$c^2\tau^2 = c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2$$

Võtame tähistuseks s-i:

$$c\tau = s$$

ja saame aegruumi intervalli meetriliseks võrrandiks järgmise kuju

$$s^2 = c^2dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

Kuna τ ei sõltu inertsiaalsüsteemist, siis kahe vaadeldava sündmuse A ja B vaheline intervall on kõigis inertsiaalsüsteemides ühesugune. Intervall s on invariant, kuid ajavahemik ja lõigu pikkus ei ole invariandid. Valguse korral on intervall: $\tau = 0$ ja seega:

$$0 = c^2\Delta t^2 - l^2$$

Suurus, mis jääb muutumatuks ehk konstantseks mingi teisenduse käigus, nimetataksegi füüsikas invariandiks (näiteks invariant on vektori pikkus koordinaadi pööramise käigus). Niisamuti ka kahe ruumipunkti vaheline kaugus ds on invariantne Galilei teisenduste suhtes:

$$\sum_{i=1}^{4} {x_i}^2 = const$$

ehk

$$x_i x_i = const$$

Kuid kiiruse absoluutväärtus ei ole invariantne (välja arvatud ruumi pöörete korral). Valguse kiirus c on invariant Lorentzi teisenduste suhtes ja seetõttu on tema aegruumi intervall võrdne nulliga:

$$x_i x_i - c^2 t^2 = 0 = invariant$$

ehk

$$s = \sqrt{\Delta x_i \Delta x_i - c^2 \Delta t^2} = invariant$$

Kogu relativistlik dünaamika on invariantne aegruumi pöörete suhtes. Seda ka aegruumi intervall ehk kahe punkti vaheline kaugus s aegruumis:

$$s^2 = \Delta x_\mu \Delta x_\mu = \sum_{n=1}^{4} \Delta {x_\mu}^2 = \Delta l^2 - c^2 \Delta t^2$$

milles $\mu = 1,2,3,4$, $\Delta l^2 = \Delta x_j \Delta x_j$ ja $\Delta x_4 = ic\Delta t$. Viimane intervalli valem avaldub ka järgmiselt:

$$ds = \sqrt{dl^2 - c^2 dt^2}$$

millest on võimalik tuletada näiteks aja dilatatsiooni võrrand:

$$ds = -cdt\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = -cdt\sqrt{1 - \frac{1}{c^2}\frac{dl^2}{dt^2}}$$

Kahe punkti vahelist kaugust neljamõõtmelises aegruumis kirjeldab aegruumi intervall:

$$ds^2 = dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

ehk

$$c^2 d\tau^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

Aegruumi intervallist me järgnevalt lähtumegi, et kirjeldada kahe punkti vahelist kaugust teisenenud aegruumis. Tuletatud aegruumi intervalli meetrilisel võrrandil:

$$ds^2 = c^2\tau^2 = c^2 dt^2 - (dx^2 + dy^2 + dz^2) = c^2 dt^2 - dl^2$$

on olemas ajaline osa

$${ds_1}^2 = c^2 dt^2$$

ja ruumiline osa

$$-{ds_2}^2 = -(dx^2 + dy^2 + dz^2) = -dl^2$$

See tähendab seda, et nende kahe osa liitmisel saamegi aegruumi intervalli meetrilise võrrandi:

$${ds_1}^2 + \left(-{ds_2}^2\right) = {ds_1}^2 - {ds_2}^2 = ds^2$$

ehk

$${ds_1}^2 - {ds_2}^2 = c^2 dt^2 - dl^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 = ds^2$$

Aegruumi intervall ds on valguse kiiruse c ja „omaaja“ τ korrutis:

$$ds^2 = c^2\tau^2$$

milles $\tau^2 \neq dt^2$. Mida lähemale valguse kiirusele c vaakumis, seda enam teiseneb aeg välisvaatleja suhtes ehk esineb aja dilatatsioon:

$$dt = \frac{d\tau}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

ehk

$$d\tau = \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\,dt$$

ja seetõttu võime aegruumi intervalli avaldada järgmiselt (koos aja dilatatsiooniga):

$$d\tau^2 = c^2\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

Kuid peale ajalise osa on aegruumi intervalli võrrandis olemas ka ruumiline osa:

$$ds^2 = d\tau^2 = dx^2 - dy^2 - dz^2 = dl^2$$

Antud võrrandis arvestame ainult keha pikkuse muutumist liikumise suunas:

$$ds^2 = dl^2$$

ehk

$$d\tau^2 = dl^2$$

kuna kahe ruumipunkti vaheline kaugus ehk pikkus muutub ainult liikumise suunas

$$l' = l\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

ehk

$$dl = d\tau\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

Võttes aga viimase avaldise ruutu

$$dl^2 = d\tau^2\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)$$

saamegi pikkuse teisenemise avaldise ainult liikumise suunas

$$d\tau^2 = \frac{dl^2}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)}$$

Aegruumi intervalli võrrandi ruumilise osa saame seetõttu avaldada järgmiselt:

$$ds^2 = d\tau^2 = \frac{dl^2}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)}$$

Kui me arvestame ajalist ja ruumilist osa samaaegselt ehk liidame need kaks poolt omavahel kokku, saamegi meetrilise võrrandi, mis kirjeldab matemaatiliselt aegruumi teisenemist keha liikumis-kiiruse lähenemisel valguse kiirusele c vaakumis:

$$ds^2 = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)c^2dt^2 - \frac{1}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}dl^2$$

Kusjuures y-faktorit, mis esineb näiteks aja dilatatsiooni valemis, on võimalik teisendada Schwarschildi meetrikast tuntud y-faktori kujule:

$$t' = ty = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{2GM}{c^2r}}} = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{R}{r}}}$$

Viimases võrrandis nähtuv R on Schwarschildi raadius.

Sündmuste põhjuslikkust ehk põhjuslikkusega seotud seoseid kirjeldab valguskoonus. Kui tegemist on Minkowski aegruumiga, siis kirjeldab valguskoonust ct-r-koordinaadistikus 45^0 nurga all olevad jooned. Joonis:

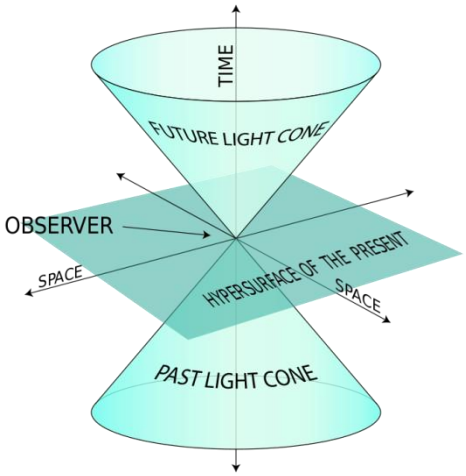


Foto allikas: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/16/World_line.svg

Radiaalsuunas langeva valguse korral on 4-intervall Minkowski aegruumis:

$$ds^2 = -c^2dt^2 + dr^2 = 0$$

Sellest nähtub võrdus:

$$cdt = \pm dr$$

milles "+" märk kirjeldab punktist väljuvat valgussignaali ja "-" märk punkti sisenevat valgussignaali. Valgussignaali 4-intervall on Schwarzschildi koordinaatides esitatav järgmiselt:

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{R}{r}\right)c^2dt^2 + \left(1 - \frac{R}{r}\right)^{-1}dr^2 = 0$$

millest omakorda nähtub:

$$cdt = \pm\frac{dr}{1 - \frac{R}{r}}$$

Võtame viimasest avaldisest integraali, mille võrrandi parem pool esitub järgmiselt:

$$\pm\int\frac{dr}{1 - \frac{R}{r}} = \pm\int\frac{dr}{\frac{r - R}{r}} = \pm\int\frac{rdr}{r - R} = I$$

Kui saadud integraalis teeme muutujate vahetuse:

$$x = r - R$$

siis saame integraali kujuks:

$$I = \int \frac{x+R}{x} dr = \int \left(1 + \frac{R}{x}\right) dx = x + R\ ln|x| + const =$$

$$= r - R + R\ ln|r - R| + const \equiv r + R\ ln|r - R| + const$$

See tähendab seda, et valgussignaali intervalli võrrand on kujul:

$$ct = \pm(r + R\ ln|r - R| + const)$$

Sellest järeldub, et aeg ja ruum on I piirkonnas "normaalsed". Kuna geodeetilised jooned või nende maailmajooned asuvad valguskoonuse sees, siis seega osakeste jaoks on need ajasarnased. Kuid II piirkonnas vahetuvad omavahel aeg ja ruum. Maailmajoon on ajasarnane ehk avaldis:

$$1 - \frac{R}{r}$$

muudab märki siis, kui t on "fikseeritud". Kui maailmajoon jääbki "ajasarnaseks":

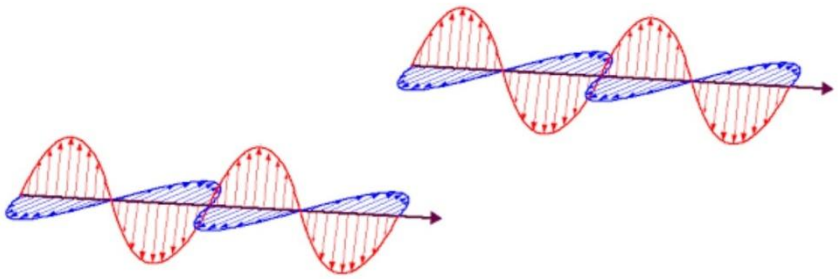
$$ds^2 < 0$$

siis peab kehtima võrdus: $dr \neq 0$. Sellest järeldub, et osake liigub Schwarzschildi pinna sees ainult punktsingulaarsuse suunas: $r \to 0$.

2.2.20.10 Kvantpõimumine

Kuna aegruumi intervall võrdub kogu hyperruumi K´ ulatuses nulliga, siis seega on erinevate elektromagnetlainete omavahelised kaugused tegelikult olematud ja seetõttu on erinevad elektromagnetlained omavahel „füüsiliselt" seotud sarnaselt nii nagu vastastikmõjus üksteisele lähedal olevad elektriliselt laetud kehad aegruumis ehk tavaruumis K. Selline abstraktne füüsiline seos on võimalik ainult väljaspool aega ja ruumi ehk hyperruumis, kuna selles ei eksisteeri enam aega ega ruumi, mistõttu on intervall erinevate ajahetkede vahel ja erinevate ruumipunktide vahel praktiliselt olematud. Seetõttu on võimalik erinevate elektromagnetlainete väljade omavaheline vastastikmõju sarnaselt nii nagu seda on näiteks üksteisele piisavalt lähedal olevate elektriliselt laetud kehade omavaheline vastastikmõju aegruumis. Elektriliselt laetud kehad mõjutavad ajas ja ruumis ehk tavaruumis üksteist väljade kaudu.

Elektromagnetlaine elektri- ja magnetväli on ruumis väga lokaliseeritud võrreldes keha laengu väljaga, mis võib teoreetiliselt olla lõpmata ulatusega. Joonis, millel oli näha kahe erineva elektromagnetlaine vahelise kontakti puudumist, kujutatakse ette ajas ja ruumis ehk tavaruumis, milles eksisteerib aeg ja ruum, mistõttu ei võrdu intervall erinevate ajahetkede ja erinevate ruumipunktide vahel nulliga:



Kuid aegruumi intervall võrdub kogu hyperruumi K´ ulatuses nulliga ja seetõttu on erinevate elektromagnetlainete omavahelised „kaugused“ hyperruumis tegelikult olematud, mistõttu on erinevad elektromagnetlained hyperruumis omavahel „füüsiliselt“ seotud. Selline abstraktne füüsiline seos on võimalik ainult väljaspool aega ja ruumi ehk hyperruumis, kuna selles ei eksisteeri enam aega ega ruumi, mistõttu on intervall erinevate ajahetkede vahel ja erinevate ruumipunktide vahel praktiliselt olematud.

> Elektriväli ja magnetväli on valguslaine lahutamatud osad, kuid valguslainest rääkides võime silmas pidada ka ainult elektrivälja muutumist ja seda kahel põhjusel. Esiteks, kõik, mis toimub elektriväljaga, juhtub ka magnetväljaga. Teiseks, valguse toime registreerimisel (näiteks silm, film, valgusmõõdik jne) tekitab signaali just elektriväli. Sellest tulenevalt võib väita, et erinevate elektromagnetlainete väljade omavaheline vastastikmõju võib esineda just elektriväljade kaudu.

Erinevate elektromagnetlainete väljade omavaheline vastastikmõju hyperruumis toimib sarnaselt nii nagu seda on näiteks üksteisele piisavalt lähedal olevate elektriliselt laetud kehade omavaheline vastastikmõju aegruumis. See lause tähendab seda, et kui ühe elektromagnetlainega midagi juhtub (näiteks muutub sagedus, energia või impulss), siis mõjutab see silmapilkselt (ehk 0 sekundiga) ka teist elektromagnetlainet. Selline vastastikmõju on oma olemuselt palju abstraktsem kui näiteks elektrilaengute vaheline vastastikmõju aegruumis. Elektriliselt laetud kehad mõjutavad ajas ja ruumis ehk tavaruumis üksteist väljade kaudu elektrijõududega.

Siinkohal peab märkima seda, et mitte igasugune elektromagnetlaine ei ole valgus ehk valguslaine. Kogu elektromagnetlainete lainepikkuste skaala jääb umbes 10^{-12} – 10^{4} meetri vahele, kuid nähtav valgus hõlmab sellest ainult 380 – 760 nanomeetrit. Siin ja edaspidi nimetame elektromagnetlainet valguseks ainult „tinglikult“, kuna mistahes elektromagnetlaine korral on siiski tegemist „footoniga“, mida mõistetakse kvantfüüsikas just „valguse osakesena“.

Kvantmehaanika järgi saab mistahes elektromagnetlainet käsitleda ka osakesena (s.t. footonina), millel on olemas mass ja energia:

$$E = mc^2$$

De Broglie poolt esitatud hüpoteesi järgi on igal osakesel olemas lainelised omadused. Footoni korral ühtib selle lainepikkus λ elektromagnetlaine pikkusega:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

Kogu järgneva matemaatilise ja füüsikalise analüüsi jooksul vaatleme pigem footonit, mitte enam niivõrd elektromagnetlainet.

De Broglie arvas esimesena, et peale korpuskulaaromaduste on mikroosakestel veel ka lainelised omadused, nii nagu oli valguse puhul. Footonil on energia E

$$E = hf$$

ja impulss p

$$p = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{2\pi h}{\lambda}$$

De Broglie idee järgi on elektroni või mõne teise osakese liikumine seotud lainega, mille pikkus on

$$\lambda = \frac{2\pi h}{p} = \frac{2\pi h}{mv}$$

ja sagedus f on

$$f = \frac{E}{h} = \frac{mc^2}{h}$$

De Broglie selline oletus on nüüd tuntud kui de Broglie hüpoteesina, mis on leidnud katseliselt kinnitust. Ülal välja toodud valemites on h jagatud 2π-ga. Antud juhul käsitletakse osakest, millel on lainelised omadused, mitte vastupidi – lainet, millel on korpuskulaarsed (osakeste) omadused. Broglie valem seob omavahel osakeste laineomadusi (λ) ja korpuskulaaromadusi (m, v, p). Osakeste lained on leiutõenäosuse lained ehk leiulained. Laine intensiivsus (amplituudi ruut) antud punktis ja hetkel määrab osakese leidmise tõenäosuse selles kohas ja sellel ajahetkel.

Järgnevalt uurimegi osakese lainet veidi lähemalt. Selleks kirjutame välja siinuselise laine võrrandi, mis liigub x-telje sihis:

$$\psi(x,t) = Acos(\omega t - kx)$$

k on lainearv ja see on seotud lainepikkusega:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Tavaliselt esitatakse selline laine kompleksarvulisel kujul:

$$\psi(x,t) = Ae^{-i(\omega t - kx)}$$

Esitatakse kompleksarvulisel kujul sellepärast, et eksponente on matemaatiliselt lihtne diferentseerida ja integreerida. Klassikalises füüsikas on lihtne just laine kompleksarvulisel kujul teha matemaatilisi arvutusi. Kuna füüsikalised suurused on reaalarvulised, siis tuleb pärast arvutusi reaalosa eraldada. Viimane seos ongi välja toodud kompleksarvulise laine reaalosa. Kuid viimase seose (laine) on võimalik avaldada ka energia E ja impulsi p kaudu:

$$\omega = \frac{E}{h}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{p}{h}$$

$$\psi(x,t) = Ae^{-\frac{i}{h}(Et - px)}$$

Viimane siinuseline laine on välja toodud osakese-karakteristikute kaudu (näiteks energia, impulss, mass jne), kuid varem oli laine kuju antud laine-karakteristikute kaudu (näiteks sagedus, lainearv jne). Järgnevalt leiame de`Broglie laine faasikiiruse:

$$v_f = \frac{\omega}{k} = \frac{E}{p}$$

Albert Einsteini erirelatiivsusteoorias tuntakse osakese impulsi ja energia vahelist seost:

$$v_f = \frac{\sqrt{p^2c^2+m^2c^4}}{p} > c$$

Kuid siin on näha seda, et de`Broglie laine faasikiirus on valguse kiirusest ( vaakumis ) suurem. Kuna valguse kiirust vaakumis ei saa ületada, siis de`Broglie laine ei saa ilmselt reaalset osakest kirjeldada. Siinuseline laine, mis on lõputu, on tegelikult idealiseeritud, sest seda tegelikult ei ole looduses olemas. Faasikiirus näitab aga sama faasiga punktide levimiskiirust, mitte aga konkreetse osakese levimiskiirust. Uurida tuleb laine rühmakiirust. Olemasolevad lained on üldjuhul ruumis ikkagi lokaliseeritud. Need kujutavad endast mitme (tihti lõputu) siinuselise laine superpositsiooni. Just ruumis liikuvat osakest võibki selline lokaliseeritut lainet ehk lainepaketti kujutada. Laine rühmakiirus annab levimiskiiruse järgmiselt:

$$v_r = \frac{d\omega}{dk} = \frac{dE}{dp}$$

ehk

$$v_r = v_f - \lambda \frac{dv_f}{d\lambda}.$$

Vaakumis liikuva valguslainete faasi- ja rühmakiirused omavahel ühtivad. Rühmakiiruse valemit saab kasutada ainult siis, kui esineb dispersioon ehk kui lainete faasikiirus sõltub sagedusest. Kui dispersioon on null ehk:

$$\frac{dv_f}{d\lambda} = 0\,,$$

siis rühmakiirus v_r on võrdne faasikiirusega v_f. Rühmakiirus v_r võib faasikiirusest v_f olla suurem või väiksem. Relatiivsusteooriast on teada energia, massi ja impulsi vaheline seos:

$$E = mc^2 = \sqrt{p^2c^2+m^2c^4}$$

ja siin ongi näha seda, et de`Broglie osakese rühmakiirus on võrdne osakese tegeliku liikumiskiirusega v:

$$v_r = \frac{dE}{dp} = \frac{pc^2}{\sqrt{p^2c^2+m^2c^4}} = \frac{mvc^2}{mc^2} = v$$

Nendest võrranditest järeldub selgesti ka see, et osakese kirjeldamine lainena on täiesti võimalik. Siinkohal tuleb märkida ka veel seda, et osakese lainepikkused λ on rühma kuuluvate lainete varieeruvad lainepikkused või osakese lainepikkus λ vastab rühma moodustavate komponentlainete näitajatele.

Kuna ei ole võimalik täpselt ette teada seda, et millisesse ruumipunkti osake jõuda võib ja millisesse ajahetke, siis seetõttu arvutatakse välja tõenäosused iga võimaliku ruumipunkti ja ajahetke kohta, kuhu osake jõuda võiks. Kõik need tõenäosused on nullist erinevad ja summeerides kõik need tõenäosused, saame tulemuseks:

P = 100 %

Osakese tõenäosusjaotust ajas ja ruumis mõjutavad teised füüsilised kehad, näiteks pilu, millest osake läbi läheb. Seda tõenäosusjaotust ajas ja ruumis võib ettekujutada kui vee lainena, millel on lainelised omadused. Seetõttu võib öelda, et tegemist on osakese tõenäosuslainega, mis levib ajas ja ruumis. See, mis juhtub vee lainega pilu läbimisel, juhtub sama ka osakese tõenäosuslainega, mis läbib samuti pilu. Tulemuseks ongi osakese laineline käitumine.

> Max Born oli esimene füüsik, kes tõlgendas elektronilaineid omal ajal leiutõenäosuse lainetena. Osakeste leiulained on lained, mis määravad osakeste laiutõenäosust ajas ja ruumis. Lainefunktsioon ψ(x,y,z,t) määrab ära osakese leiutõenäosuse ajas ja ruumis. Osakese leiutõenäosus ψ^2 mingis ruumipunktis ja ajahetkel on alati positiivne. See ei saa olla kunagi negatiivne.

Osakese ajas ja ruumis levivat tõenäosuslainet (või lihtsalt osakese füüsikalist olekut) kirjeldab matemaatiliselt lainefunktsioon:

$$\psi = \psi(x, y, z, t)$$

ja selle lainefunktsiooni mooduli ruut

$$|\psi|^2 = \psi^* \psi$$

annabki tõenäosustiheduse osakese asukoha leidmiseks ajahetkel t (ψ^* on ψ kaaskompleks). Sellest tulenevalt saame leida osakese asukoha tõenäosuse ruumielemendis dV:

$$dW = |\psi|^2 dV.$$

See tähendab seda, et lainefunktsiooni absoluutväärtuse ruut on võrdeline tõenäosusega leida osakest vastavas ruumipunktis ja vastaval ajahetkel. Osakese lainefunktsioon peab olema ühene, lõplik ja pidev funktsioon. Ka selle tuletis peab olema pidev. Lainefunktsioon peab olema normeeritud

$$\int |\psi|^2 \, dV = 1,$$

mis tähendab seda, et osakest on võimalik kusagil ruumis leida. Tõenäosuste summa on alati 1 (diskreetsel kujul):

$$\psi^*(z_1) * \psi(z_1) + \psi^*(z_2) * \psi(z_2) + \cdots + \psi^*(z_n) * \psi(z_n) = 1$$

ehk

$$\sum_n {\psi_n}^* \psi_n = 1$$

kuid pidevuse kujul:

$$\int \psi^*(z)\psi(z)dz = 1$$

ehk

$$\int \psi^* \psi d\vec{x} = 1$$

kus $d\vec{x} = x_1, x_2, x_3$. Olekufunktsiooni võime alati korrutada mistahes arvuga. Lainefunktsioon otseselt mõõdetav füüsikaline suurus ei ole, mõõta saab ainult tõenäosust:

$$\psi = Ae^{\frac{i}{h}(px - Et)}$$

kus A on normeerimiskordaja, lainefunktsiooni ruumiline osa

$$\psi \sim e^{\frac{i}{\hbar}px}$$

ja ajaline osa

$$\psi \sim e^{2\pi ift}$$

milles A on nendes mõlemates 1. Kuid vabaoleku osakese funktsioon on

$$\psi \sim e^{2\pi ikx}.$$

Kuna aga lainefunktsioon annab tõenäosuse, nimetatakse seda tihti ka tõenäosusamplituudiks. Lainefunktsiooni mooduli ruut annab tõenäosustiheduse. Lainefunktsiooniga on määratud vaadeldava osakese olek ja tema edaspidine käitumine. Statsionaarsete olekute lainefunktsioon on aga

$$\Psi(x, y, z, t) = e^{-i\left(\frac{E}{\hbar}\right)t}\psi(x, y, z).$$

Sellisel juhul ei sõltu lainefunktsiooni tõenäosustihedus ajast:

$$\Psi\Psi^* = e^{-i\left(\frac{E}{\hbar}\right)t}\psi\, e^{i\left(\frac{E}{\hbar}\right)t}\psi^* = \Psi\Psi^*$$

Kompleksed suurused on lainefunktsioon ja selle ruut, kuid reaalarvuna võib väljenduda ainult tõenäosus.

Osakese tõenäosuslainet on võimalik kirjeldada lainepaketina, mis on ruumis lokaliseeritud ja mida on võimalik esitada teatud lainepikkusega siinuseliste lainete superpositsioonina. Järgnevalt näeme seda, et mida suurem on superpositsiooni lainearvude vahemik, seda kitsam on lainepakett. See kehtib ka vastupidisel juhul. Lainearv ja impulss on omavahel seotud. Järgnevat analüüsi alustame aga Fourier´i integraalist. Fourier´i integraal on Fourier´i rea üldistuseks mitteperioodiliste funktsioonide juhule. Ühe muutuja funktsiooni f(x) Fourier´i integraal on

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{+\infty} g(k)e^{ikx}\,dx$$

g(k) funktsioon on f(x) funktsiooni Fourier´i pööre, mida on võimalik f(x) funktsiooni kaudu välja arvutada järgmiselt:

$$g(k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)e^{-ikx}\,dk.$$

Praeguses näites vaatame aga teatud kindlal ajahetkel olevat lainepaketti. Lainepaketi kuju on võimalik esitada Gaussi jaotusena:

$$f(x) = Ae^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}.$$

σ nimetatakse dispersiooniks, mis iseloomustab jaotuse laiust. Antud näites saab osakese tõenäosus-lainet kirjeldada lainepaketina. Järelikult dispersioon kirjeldab siin osakese asukoha määramatust:

$$\triangle x = \sigma$$

Kui me f(x) funktsiooni esitame fourier´i integraalina, siis avaldub f(x) siinuseliste lainete e^{ikx} superpositsioonina. k on lainearv ja λ on lainepikkus:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Lainepaketi lainearvu ja amplituudi komponente näitabki eespool väljatoodud g(k) funktsioon. Kui me g(k) funktsioonis asendame f(x) funktsiooniga

$$f(x) = Ae^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}.$$

saame järgmise integraali

$$g(k) = \frac{A}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} e^{-ikx}\, dx =$$

$$= \frac{A}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2} - ikx}\, dx.$$

Arvestades kompleksmuutuja funktsioonide teooriat saame integraali arvutada niimoodi:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\alpha x^2 + i\beta}\, dx = \sqrt{\frac{\pi}{\alpha}} e^{-\frac{\beta^2}{4\alpha}}, \quad Re\alpha > 0.$$

kus

$$\alpha = \frac{1}{2\sigma^2} \quad \text{ja} \quad \beta = -k.$$

Integraal võtab kuju

$$g(k) = A\sigma e^{-\frac{k^2\sigma^2}{2}}.$$

Viimane seos näitab, et ka Fourier´i pööre on Gaussi jaotus, kuid lainearvu funktsioonina. Suurus $\frac{1}{\sigma}$ näitab dispersiooni. Lainearvu määramatus avaldub

$$\triangle k = \frac{1}{\sigma}.$$

Kui me määramatusi korrutame, saame

$$\triangle x \triangle k = 1$$

See näitabki eespool väljatoodud seost, et mida suurem on superpositsiooni lainearvude vahemik, seda kitsam on lainepakett ja vastupidi. Lainearv k ja osakese impulss p on seotud

$$p = hk$$

ja seega saamegi määramatuse seose osakese asukoha ja impulsi vahel järgmiselt:

$$\triangle x \triangle p = h.$$

See tähendab, et osakeste määramatuse seoseid on võimalik tuletada puhtalt lainet kirjeldavatest võrranditest (ja tegelikult ka (eri)relatiivsusteooria võrranditest, s.t. ajas rändamise füüsikateooria üldvõrrandist).

Lainefunktsiooni reaalseks näiteks vaatleme järgnevalt mingi suvaliselt valitud pinna valgustatust. Valguslaine elektrivektori ruudu keskväärtus mõõdab valguse intensiivsust. Valgualaine amplituudi ruut on laineteooria järgi võrdeline valgustatusega pinna mingisuguses punktis, kuid kvantteooria järgi on valgustatus (ja seega valguslaine amplituudi ruut) võrdeline hoopis valguse osakeste voo tihedusega. Valgusosake ehk footon kannab endas energiat ja impulsi. Footoni langemisel mingis pinna punktis vabaneb seal energia. Footoni langemist pinna mingisugusesse punkti määrab ära tõenäosus, mis sõltub valguslaine amplituudi ruudu väärtusest. Footoni leidmise tõenäosust ruumalas dV kirjeldab diferentsiaalvõrrand:

$$dW = \chi A^2 dV$$

kus χ on võrdetegur ja A on valguslaine amplituud. Tõenäosustihedus avaldub nõnda:

$$\frac{dW}{dV} = \lambda A^2$$

Oletame, et meil on selline lainefunktsioon, mis on normeeritud ühele

$$\psi'(r,t) = N\psi(r,t)$$

kus N on mingi konstant. Mõlemad lainefunktsioonid ehk ψ′(r,t) ja Nψ(r,t) kirjeldavad füüsikalist olekut, mis on tegelikult üks ja sama. Teades seda, et

$$|\psi'|^2 = |\psi|^2$$

ja

$$\int_\infty |\psi(r,t)|^2\, dV = A,$$

kus arv A on lihtsalt selle integraali väärtus, saame leida normeerimisteguri N järgmiselt:

$$\int_\infty |\psi'(r,t)|^2\, dV = 1 = |N|^2 \int_\infty |\psi(r,t)|^2\, dV = |N|^2 A$$

ehk

$$|N|^2 A = 1$$

Kuid N võib olla reaalarvuline ja seega saame:

$$N = \frac{1}{\sqrt{A}}.$$

See näitab seda, et näiteks Schrödingeri võrrandi lahend (mida me hiljem vaatame palju täpsemalt) - lainefunktsioon üldse - on tegelikult määratud konstantse faasiteisenduste täpsuseni ehk mitte üheselt, sest kehtib järgmine faasiteisendus:

$$|\psi'|^2 = (\psi')^*\psi' = e^{-i\alpha}\psi^* e^{i\alpha}\psi = \psi^*\psi = |\psi|^2,$$

kus α on suvaline reaalarv. Summaarne tõenäosus on alati võrdne ühega. Alguses leitakse võrrandi mingi üldine lahend ja siis seda kasutades sobiv normeerimistegur. Kui aga lainefunktsiooni integraal

$$\int |\psi(r,t)|^2\, dV$$

pole lõplik ehk

$$\int_\infty |\psi(r,t)|^2\, dV \to \infty,$$

siis lainefunktsioon ei ole normeeritav, ehkki võib olla pidev ja lõplik. Vaatame näiteks ühte kindla energia ja impulsiga osakest, mis „liigub“ x-telje sihis, mida kirjeldab võrrand

$$\varphi_1(x) = Ae^{ikx}$$

Selle (lainefunktsiooni) mooduli ruut (mis on seotud osakese leidmise tõenäosusega) tuleb:

$$|\varphi_1(x)|^2 = A^* e^{-ikx} A e^{ikx} = |A|^2.$$

Kuna osakesel on kindel impulss, siis tema impulsi määramatus on $\triangle p = 0$ ja seetõttu on ka osakese

asukoht x-teljel määramata ehk $\triangle x = \infty$. See tähendab seda, et osakese leidmise tõenäosus on kõikjal ühesugune ehk osakest on võimalik leida võrdse tõenäosusega mistahes x-telje punktist. Sellest tulenevalt ei saa $|\varphi_1|^2$ normeerida üheks. Näiteks

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |\varphi_1|^2 \, dx = |A|^2 \int_{-\infty}^{+\infty} dx = \infty.$$

Kuid sellegipoolest on $|\psi|^2 dV$ peaaegu võrdne tõenäosusega leidmaks osakest mingis asukohas ruumis dV ehk

$$dP \sim |\psi(r,t)|^2 \, dV$$

Viimase järgi saame võrrelda omavahel erinevates ruumipunktides olevaid tõenäosusi.

Mikroosakeste süsteemi olekufunktsioonis

$$\Psi(q_1, q_2) = \psi_1(q_1) * \psi_2(q_2)$$

on olemas näiteks kaks osakest: $\psi_1(q_1) \; ja \; \psi_2(q_2)$, kus q_1 ja q_2 on koordinaadid. Osake või kvantsüsteem võib olla kahes erinevas olekus, mida kirjeldavad vastavalt lainefunktsioonid $\psi_1^{(1)}$ ja $\psi_1^{(2)}$. Sellisel juhul võib osake olla ka olekutes, mida kirjeldatakse olekute $\psi_1^{(1)}$ ja $\psi_1^{(2)}$ lineaarse kombinatsioonina:

$$\Psi = c_1 \psi_1^{(1)} + c_2 \psi_1^{(2)} .$$

Kui aga $\psi_1^{(1)}$ ja $\psi_1^{(2)}$ ei ole ortogonaalsed, siis saab neist moodustada 2 lineaarset kombinatsiooni, mis on omavahel ortogonaalsed:

$$Ĺ \, \Psi = c_1 \, Ĺ \, \psi_1^{(1)} + c_2 \, Ĺ \, \psi_1^{(2)} = c_1 \lambda_1 \psi_1^{(1)} + c_2 \lambda_1 \psi_1^{(2)} = \lambda_1 \Psi.$$

Koefitsentide c_1 ja c_2 mooduli ruudud

$$|c_1|^2 \; ja \; |c_2|^2$$

annavad vastavate olekute esinemise tõenäosused. Seda nimetatakse superpositsiooniprintsiibiks. Superpositsiooniprintsiibi korral liituvad osakeste olekufunktsioonid, mitte tõenäosused:

$$\psi^*\psi = (c_1^*\psi_1^* + c_2^*\psi_2^*)(c_1\psi_1 + c_2\psi_2) = |c_1|^2|\psi_1|^2 + |c_2|^2|\psi_2|^2 + c_1^* c_2 \psi_1^* \psi_2 + c_2^* c_1 \psi_2^* c_1$$

milles olev avaldis

$$c_1^* c_2 \psi_1^* \psi_2 + c_2^* c_1 \psi_2^* c_1$$

on inteferents liikmed. Kaaskompleks on imaginaararvu vastas märk.

2.2.20.10.2 Schrödingeri lainevõrrand

Kuna mistahes osakest saab kirjeldada de Broglie lainepikkuse λ võrrandiga:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

mis ei ole oma olemuselt keskkonna laine (näiteks veelaine on keskkonna laine), vaid on seotud ainult aja ja ruumiga, siis seega osakese ajas ja ruumis levivat tõenäosuslainet (või lihtsalt osakese füüsikalist olekut) kirjeldab matemaatiliselt lainefunktsioon:

$$\psi = \psi(x, y, z, t)$$

Klassikalises mehaanikas määrab lainevõrrand võnkuva punkti hälbe olenevalt tema koordinaatidest ja ajast:

$$\psi = \psi(x, y, z; t)$$

Tegemist on punkti tasakaaluasendi ruumikoordinaatidega. Eelnevalt esitatud funktsioon peab olema perioodiline aja ja koordinaatide suhtes. Funktsioon ψ kirjeldab võnkumist, kui punkti koordinaadid on x, y ja z. Punktid võnguvad ühtemoodi siis, kui need asuvad üksteisest kaugusel λ. Järgnevalt leiame funktsiooni kuju tasalaine korral, milles oletame, et võnkumised on harmoonilised. Kui laine levimise suund ühtiks x-teljega, siis samafaasipinnad on x-teljega risti ja kõik samafaasipinna punktid võnguvad ühtemoodi. Sellisel juhul sõltub hälve ainult koordinaadist ja ajast:

$$\psi = \psi(x, t)$$

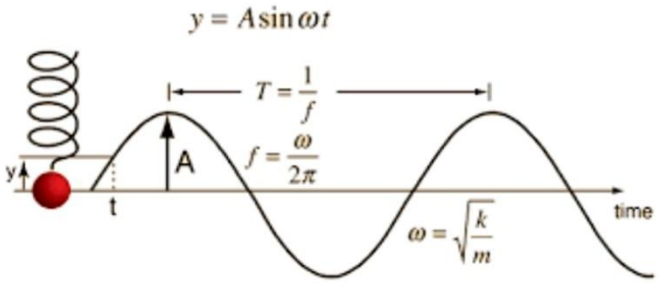
Niimoodi saamegi kõikide tasapinnas x = 0 asuvate punktide võnkumise võrrandi:

$$\psi(0, t) = y_0 sin\omega t$$

Selle järgi saab leida võnkumise võrrandi osakeste jaoks, mis asuvad x suvalisele väärtusele vastavas tasapinnas. Hälbe y muutumist ajas kirjeldav avaldis

$$y = y_0 sin\omega t = Asin\omega t$$

saadakse joonisel kujutatud laine abil:



Märkusena võib siinkohal välja tuua selle, et kui sinusoidaalset võrrandit:

$$y = y_0 \sin(\omega t + \varphi)$$

ehk

$$y = y_0 \sin\omega t$$

tuletada aja järgi, siis saame tulemuseks keha liikumise kiiruse avaldise:

$$\dot{y} = v = y_0 \omega cos\omega t$$

Seda võrrandit omakorda teisendades:

$$\frac{v}{\omega} = vt = y = y_0 cos\omega t$$

saadaksegi cos-se võrrand.

Kuna mistahes osakest on võimalik kirjeldada lainena, siis „tuletatakse“ osakese lainelistest omadustest selline diferentsiaalvõrrand, mille kaudu on võimalik välja arvutada osakese tõenäosuslaine sõltuvuse koordinaatidest ja ajast, kui on teada osakese mass ja talle mõjuvad jõud. Näiteks mikroosakeste difraktsioonikatsetest järeldub, et osakeste paralleelsel joal on osakeste liikumissuunas leviva tasalaine omadused. Mööda x-telge liikuvat harmoonilist (sinusoidaalset) lainet kirjeldab võrrand:

$$y = y_0 sin2\pi\left(ft - \frac{x}{\lambda}\right)$$

milles y on hälve, y_0 amplituud ja f on sagedus. Kui laineallikas võngub punktis $x = 0$ sinusoidaalselt ja oletame, et algfaas võrdub: $\varphi = 0$:

$$y = y_0 sin2\pi ft = y_0 sin\omega t$$

siis seega punkti $x = x'$ jõuab see võnkumine lainena täpselt samas faasis nagu laineallika võnkumine oli t’ sekundit tagasi:

$$y = y_0 sin\omega(t - t')$$

Laine faasikiirus v avaldub valemis:

$$t' = \frac{x'}{v} = \frac{x'}{f\lambda}$$

Viimastest seostest saame järgmise võrrandi:

$$y = y_0 sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

Võtame saadud võrrandist teise tuletise x järgi:

$$\frac{dy}{dx} = y_0\left[cos2\pi\left(ft - \frac{x}{\lambda}\right)\right]\left(-\frac{2\pi}{\lambda}\right)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -y_0\left[sin2\pi\left(ft - \frac{x}{\lambda}\right)\right]\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2$$

Kui viimases võrrandis võrdub selline kordaja ühega:

$$\left[sin2\pi\left(ft - \frac{x}{\lambda}\right)\right] = 1$$

siis saame tulemuseks:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -y\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2$$

ehk

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 * y = 0$$

Tegemist on üldise lainete diferentsiaalvõrrandiga, lainevõrrandiga, mis kirjeldab mistahes lainete amplituudi y (kolmemõõtmelise ruumi korral):

$$\frac{d^2y}{dx^2}+\frac{d^2y}{dy^2}+\frac{d^2y}{dz^2}+\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 * y = 0$$

Järgnevalt arvestame de Broglie valemist tuntud lainepikkuse avaldisega:

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{p}$$

ja $y = \psi$. Tulemuseks saame:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2}+\frac{d^2\psi}{dy^2}+\frac{d^2\psi}{dz^2}+\left(\frac{2\pi}{h}\right)^2 p^2 * \psi = 0$$

Impulss p on seotud kineetilise energiaga ja kineetiline energia on omakorda seotud koguenergiaga. Sellest tulenevalt avaldame impulsi p koguenergia E kaudu järgmiselt:

$$E = E_k + E_p$$

$$E_k = \frac{p^2}{2m}$$

$$p^2 = 2m(E - E_p)$$

Selline asendus annabki meile lõpuks Schrödingeri võrrandi:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2}+\frac{d^2\psi}{dy^2}+\frac{d^2\psi}{dz^2}+\frac{8\pi^2 m}{h^2}\left(E - E_p\right) * \psi = 0$$

Saadud Schrödingeri võrrand ühtib täpselt sellise võrrandi kujuga:

$$\Delta\Psi + \frac{2(4\pi^2)m}{h^2}\left(E - E_p\right)\psi = 0$$

ehk

$$\Delta\Psi + \frac{2m}{h^2}(E - U)\Psi = 0$$

Viimane võrrand tuletatakse sellisest Schrödingeri lainevõrrandist

$$-\frac{h^2}{2m}\Delta\Psi + U\Psi = ih\frac{d\Psi}{dt}$$

mis kehtib ainult siis kui osake on vaba ehk U = 0. Näiteks teostame selles võrrandis asenduse

$$\Psi(x, y, z, t) = e^{-i\left(\frac{E}{h}\right)t}\Psi(x, y, z).$$

Kuna U = 0 ehk see ei sõltu ajast, saame statsionaarsete olekute Schrödingeri võrrandi järgmiselt:

$$-\frac{h^2}{2m}\Delta\Psi e^{-i\left(\frac{E}{h}\right)t} + U\Psi e^{-i\left(\frac{E}{h}\right)t} = ih\left(-i\frac{E}{h}\right)\Psi e^{-i\left(\frac{E}{h}\right)t}$$

ehk

$$\Delta\Psi + \frac{2m}{h^2}E\Psi = 0$$

Kui U = 0, siis saadud võrrand ühtibki järgmise võrrandiga:

$$\Delta\Psi + \frac{2m}{h^2}(E - U)\Psi = 0$$

Selline on siis vabalt liikuva osakese Schrödingeri võrrand. Koguenergia E ühtib kineetilise energiaga T – suurust E võib viimases võrrandis tõlgendada kas osakese kogu- või kineetilise energiana. See on nii siiski vaba osakese korral. Kuid osakesele mõjuvate jõudude olemasolu korral on vaja E asemele viia siiski osakese kineetiline energia T = E – U.

Schrödingeri võrrandit on võimalik üldistada ka sellisele juhule, milles oleks ka spinn arvesse võetud. Sellise võrrandi loojaks on W. Pauli. Kuid P. A. M. Diraci tuletas 1928. aastal sellise võrrandi, mis kirjeldas elektroni. Sellest võrrandist järeldus elektroni spinn ja tema magnetmoment. Diraci võrrand on relativistlik ja seetõttu kirjeldab see võrrand ka suure energiaga protsesse. Diraci võrrand annab Pauli võrrandi mitterelativistlikul piirjuhul. Diraci võrrandist järeldub ka veel antielektroni ehk positroni olemasolu. Positronil on positiivne elementaarlaeng ja omab vastasmärgilist magnetmomenti võrreldes elektroniga. Muud omadused on täpselt samasugused mis elektronilgi. Kuid Diraci ja Pauli võrrandeid analüüsitakse palju täpsemalt ajas rändamise füüsikateoorias olevate väljade kvantteooriate peatükkides.

2.2.20.10.3 Aegruumi intervalli lakkamine

Aegruumi intervalli meetrika:

$$ds^2 = c^2t^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 = 0$$

ehk

$$ds^2 = -c^2t^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2 = 0$$

võrdub nulliga siis kui kehtib järgmine võrdus:

$$c^2t^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 = dl^2$$

Kuid meetriline võrrand saab võrduda nulliga ka siis, kui selles sisalduvad liikmed võrduvad nulliga:

$$-c^2t^2 = 0$$

ja

$$dx^2 + dy^2 + dz^2 = dl^2 = 0$$

Kui aegruumi intervalli meetriline võrrand sisaldab kinemaatilist tegurit:

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)c^2dt^2 + \frac{1}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}dl^2 = -\left(1 - \frac{c^2}{c^2}\right)c^2dt^2 + \frac{1}{\left(1 - \frac{c^2}{c^2}\right)}dl^2 = 0$$

siis me näeme, et ei saa kehtida võrdus:

$$\left(1-\frac{c^2}{c^2}\right)c^2dt^2 \neq \frac{1}{\left(1-\frac{c^2}{c^2}\right)}dl^2$$

kuna null ei võrdu lõpmatusega:

$$0 \neq \frac{1}{0}dl^2 = \infty$$

Kui aga $dl^2 = 0$:

$$dl^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 = 0$$

siis kehtib võrdus:

$$0 = \frac{1}{0}dl^2 = 0$$

Kui meetrika ajaline osa võrdub nulliga:

$$-\left(1-\frac{c^2}{c^2}\right)c^2dt^2 = 0$$

siis seega saame aegruumi intervalli meetrika kujuks:

$$ds^2 = \frac{1}{\left(1-\frac{c^2}{c^2}\right)}dl^2$$

Kui me nüüd viime sulgudes oleva liikme võrrandi teisele poole võrdusmärki:

$$ds^2\left(1-\frac{c^2}{c^2}\right) = dl^2 = 0$$

siis saamegi $dl^2 = 0$:

$$dl^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 = 0$$

Aegruumi intervalli meetrilises võrrandis:

$$ds^2 = -\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)c^2dt^2 + \frac{1}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)}dl^2$$

esineb kinemaatiline tegur, mida saab ümber teisendada üldrelatiivsusteoorias tuntud teguriks:

$$\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right) = \left(1-\frac{2GM}{c^2r}\right) = \left(1-\frac{R}{r}\right)$$

Meetrika ruumikoordinaadid saame teisendada sfäärilisteks koordinaatideks:

$$dl^2 = dr^2 + r^2(d\theta^2 - sin^2\theta d\varphi^2)$$

Selle järgi saame meetrika ruumilise osa avaldada järgmiselt:

$$\frac{1}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)}dl^2 = \frac{1}{\left(1-\frac{R}{r}\right)}dr^2 + r^2(d\theta^2 - sin^2\theta d\varphi^2)$$

Viimast ei saa me kirjutada kujule:

$$\frac{1}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)}dl^2 = \frac{1}{\left(1-\frac{R}{r}\right)}dr^2 + \frac{1}{\left(1-\frac{R}{r}\right)}r^2(d\theta^2 - sin^2\theta d\varphi^2)$$

kuna gravitatsiooniline pikkuse kontraktsioon dl ei avaldu tsentraalsümmeetrilise välja horisontaalses sihis. Viimaseid teisendusi arvestades saame Schwarzschildi meetrilise võrrandi:

$$ds^2 = -\left(1-\frac{R}{r}\right)c^2dt^2 + \frac{1}{\left(1-\frac{R}{r}\right)}dr^2 + r^2(d\theta^2 - sin^2\theta d\varphi^2)$$

ehk

$$ds^2 = \left(1-\frac{R}{r}\right)c^2dt^2 - \frac{1}{\left(1-\frac{R}{r}\right)}dr^2 - r^2(d\theta^2 + sin^2\theta d\varphi^2)$$

mis kirjeldab tsentraalsümmeetrilist gravitatsioonivälja. Kui selline meetrika võrdub samuti nulliga, siis kehtib ka sellisel juhul kõik eespool esitatud analüüsid.

2.2.20.10.4 Matemaatiline analüüs

Hyperruumis võrdub aegruumi intervall nulliga:

$$s^2 = c^2dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 = 0$$

ehk

$$s^2 = -c^2dt^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2 = 0$$

ja seda sellepärast, et aeg ja ruum sõltuvad y-faktorist, mille korral on see teisenenud lõpmatuseni:

$$ds^2 = \left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)c^2dt^2 - \frac{1}{\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)}dl^2 = \left(1-\frac{c^2}{c^2}\right)c^2dt^2 - \frac{1}{\left(1-\frac{c^2}{c^2}\right)}dl^2 = 0$$

See tähendab seda, et näiteks kahe punkti vaheline kaugus hyperruumis (Phytagorase teoreem) võrdub nulliga:

$$l^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 = 0$$

kuna kogu „ruum“ on „kontrakteerunud“ nulliks:

$$ds^2 = \frac{1}{\left(1-\frac{c^2}{c^2}\right)}dl^2$$

ehk

$$ds^2\left(1-\frac{c^2}{c^2}\right) = dl^2 = 0$$

Sellest järeldub omakorda see, et kui Phytagorase teoreem võrdub nulliga, siis peab võrduma nulliga ka näiteks vektor hyperruumis ehk funktsiooni gradient:

$$\nabla\varphi = i\frac{d\varphi}{dx} + j\frac{d\varphi}{dy} + k\frac{d\varphi}{dz} = grad\varphi = 0$$

milles olev skalaar φ on korrutatud vektorilise diferentsiaaloperaatoriga ehk nablaga ∇. Seda nimetatakse nabla- ehk Hamiltoni operaatoriks. Sellest tulenevalt peab nulliga võrduma ka skalaar ehk vektori A divergents:

$$\nabla A = \frac{dA_x}{dx} + \frac{dA_y}{dy} + \frac{dA_z}{dz} = divA = 0$$

milles on skalaarselt korrutatud omavahel nabla ja vektor A. Kusjuures nabla on samuti vektor. Kuna mingi funktsiooni φ gradient on vektorfunktsioon, siis seega võib tema puhul kasutada operatsioone nagu divergents ja rootor, mis Phytagorase teoreemi järgi peaksid samuti võrduma nullidega:

$$divgrad\varphi = \nabla(\nabla\varphi) = (\nabla\nabla\varphi) = \left(\nabla_x{}^2 + \nabla_y{}^2 + \nabla_z{}^2\right)\varphi = \Delta\varphi = \Delta\psi = 0$$

$$rotgrad\varphi = 0$$

See tähendab seda, et hyperruumis peab Laplace'i operaator võrduma nulliga:

$$\Delta\psi = \frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{d^2\psi}{dy^2} + \frac{d^2\psi}{dz^2} = 0$$

Schrödingeri lainevõrrandis:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{d^2\psi}{dy^2} + \frac{d^2\psi}{dz^2} + \frac{2m}{h^2}(E - U)\psi = 0$$

esineb Laplace'i operaator:

$$\Delta\psi = \frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{d^2\psi}{dy^2} + \frac{d^2\psi}{dz^2}$$

ja potentsiaalse energia võime lugeda nulliks: $U = 0$.

MÄRKUS 1: Kui võrrandis võrdub potentsiaalne energia nulliga ehk U = 0, siis see tähendab seda, et antud osakesele ei mõju välised väljad ja seega välisjõud. Osake on niiöelda „vaba".

MÄRKUS 2: Kineetiline energia T võrdub koguenergia E ja potentsiaalse energia U vahega:

$$T = E - U$$

Kui potentsiaalne energia U võrdub nulliga:

$$U = 0$$

siis tulemuseks saame ikkagi kineetilise energia, mis sellisel juhul võrdub koguenergiaga:

$$T = E$$

Sellest järeldub, et Schrödingeri lainevõrrandis:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{d^2\psi}{dy^2} + \frac{d^2\psi}{dz^2} + \frac{2m}{h^2}E\psi = 0$$

võib E antud juhul põhimõtteliselt tähistada kineetilist energiat T, koguenergiat E või isegi koguenergia ja potentsiaalse energia vahet E – U.

MÄRKUS 3: Kui siinuselises lainevõrrandis:

$$y = y_0 sin\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

võtsime esimese ja teise tuletise x-i järgi:

$$\frac{dy}{dx} = y_0\left[cos2\pi\left(ft - \frac{x}{\lambda}\right)\right]\left(-\frac{2\pi}{\lambda}\right)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -y_0\left[sin2\pi\left(ft - \frac{x}{\lambda}\right)\right]\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2$$

siis saime tulemuseks üldise lainete diferentsiaalvõrrandi, lainevõrrandi, mis kirjeldab mistahes lainete amplituudi y (kolmemõõtmelise ruumi korral):

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{d^2y}{dy^2} + \frac{d^2y}{dz^2} = -y_0\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2$$

See sisaldabki Laplace'i operaatorit.

Kuna hyperruumis võrdub aegruumi intervall nulliga:

$$ds^2 = -c^2t^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2 = 0$$

siis seega peab ka Laplace'i operaator võrduma nulliga:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{d^2\psi}{dy^2} + \frac{d^2\psi}{dz^2} = 0$$

Kui me viime Schrödingeri lainevõrrandis:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{d^2\psi}{dy^2} + \frac{d^2\psi}{dz^2} + \frac{2m}{h^2}E\psi = 0$$

ühe liikme teisele poole võrdusmärki:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{d^2\psi}{dy^2} + \frac{d^2\psi}{dz^2} = -\frac{2m}{h^2}E\psi$$

ja arvestame sellega, et Laplace'i operaator võrdub nulliga, siis tulemuseks saame:

$$0 = -\frac{2m}{h^2}E\psi$$

Kui aga võrrandi liikmete ümberpaigutust ei tehta:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2}+\frac{d^2\psi}{dy^2}+\frac{d^2\psi}{dz^2}+\frac{2m}{h^2}E\psi=0$$

siis saame sellise tulemuse:

$$\frac{2m}{h^2}E\psi=0$$

Eelnevaid seoseid arvestades võime saada järgmise avaldise:

$$\frac{2m}{h^2}E\psi=-\frac{2m}{h^2}E\psi$$

ehk

$$mE\psi=-mE\psi$$

Järgnevalt taandame massid m võrrandist välja, kuid energiad E jätame võrrandisse sisse:

$$E\psi=-E\psi$$

Kui me viime ühe liikme võrrandi teisele poole võrdusmärki ja arvestame sellega, et tegemist on meil kahe erineva lainefunktsiooniga:

$$E_1\psi_1+E_2\psi_2=0$$

siis saame sellise avaldise:

$$E\psi=E_1\psi_1+E_2\psi_2$$

milles $E\psi=0$. Kuid selline võrdus ei pruugi enam kehtida:

$$0=E_1\psi_1+E_2\psi_2$$

või

$$0\neq E_1\psi_1+E_2\psi_2$$

Siinkohal tuleb märkida seda, et kui eespool tuletatud Schrödingeri võrrandit:

$$-\frac{h^2}{2m}\Delta\psi+U\psi=ih\frac{d\psi}{dt}$$

teisendada kujule:

$$A\psi=0=ih\frac{d\psi}{dt}+\frac{h^2}{2m}\Delta\psi-U\psi$$

mis andis meile sellise võrduse: $A\psi=0$, siis seega ühe ja sama võrrandi erinevate lahendite lainefunktsioonid:

$$A\psi_1=0$$

$$A\psi_2=0$$

annavad meile lineaarse kombinatsiooni:

$$A\psi=c_1A\psi_1+c_2A\psi_2=0$$

milles antud võrrandi üheks lahendiks on lainefunktsioon $\psi_1(\vec{r},t)$ ja sama võrrandi mingiks teiseks lahendiks on lainefunktsioon $\psi_2(\vec{r},t)$. Kusjuures c_1 ja c_2 on mingid suvalised, üldiselt kompleksarvulised kordajad. Niimoodi tehakse „traditsioonilises“ kvantmehaanikas, kuid antud juhul on meil tegemist sellise tuletatud avaldisega:

$$E\psi=-E\psi$$

milles esinevad kaks erinevat lainefunktsiooni (s.t. kaks erinevat Schrödingeri võrrandit). Võrdus on sellepärast, et kaks erinevat lainefunktsiooni (s.t. kaks erinevat osakest) vaadeldakse hyperruumis olevatena, milles ei eksisteeri enam aega ega ruumi. Seetõttu võrdub mõlemal võrrandil Laplace'i operaator nulliga, millest tulenebki siis omakorda eespool esitatud võrdus.

Kuid sellegipoolest võime sellisest võrdusest:

$$E\psi = -E\psi$$

„tuletada" lainefunktsioonide lineaarse kombinatsiooni võrrandi:

$$A\psi = c_1 A\psi_1 + c_2 A\psi_2 = 0$$

milles A on mingi tuletisi ja antud suurusi sisaldav avaldis. Näiteks kui me viime eespool esitatud võrduses ühe liikme teisele poole võrdusmärki:

$$E\psi + E\psi = 0$$

siis võime tähistada:

$$E\psi = E\psi_1 + E\psi_2 = 0$$

Kuna lainefunktsioonid $\psi_1(\vec{r}, t)$ ja $c_1\psi_1(\vec{r}, t)$ kirjeldavad kvantmehaanikas tegelikult ühte ja sama füüsikalist olekut, siis seega võime võrrandi kirjutada kujule:

$$E\psi = c_1 E\psi_1 + c_2 E\psi_2 = 0$$

ehk

$$A\psi = c_1 A\psi_1 + c_2 A\psi_2 = 0$$

milles tähistame $E = A$. Saadud võrrandist me näemegi kvantmehaanikast tuntud lainefunktsioonide lineaarse kombinatsiooni avaldist:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

Siinkohal peab märkima seda, et lineaarse kombinatsiooni võrrandil:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

on tegelikult olemas kaks erinevat tõlgenduse võimalust. Näiteks see võrrand võib näidata ühe ja sama osakese kahte erinevat olekut, mis antud võrrandis liituvad. Kuid samas võib see näidata ka sellist olekut ψ, mille korral liituvad kahe erineva osakese olekud. Näiteks ühel ja samal osakesel võib olla kaks erinevat statsionaarset olekut energiatega:

$$E_1\varphi_1(\vec{r}) = -\frac{h^2}{2M}\Delta\varphi_1(\vec{r}) + U(\vec{r})\varphi_1(\vec{r})$$

ja

$$E_2\varphi_2(\vec{r}) = -\frac{h^2}{2M}\Delta\varphi_2(\vec{r}) + U(\vec{r})\varphi_2(\vec{r})$$

Sellisel juhul $E_1 \neq E_2$ ei ole olek

$$\varphi(\vec{r}) = c_1\varphi_1(\vec{r}) + c_2\varphi_2(\vec{r})$$

enam osakese statsionaarne olek, kuna see ei rahulda statsionaarsete olekute võrrandit. Statsionaarsete olekute korral lahendite superpositsiooniprintsiip üldjuhul ei kehti. Kui aga samale energiale vastab mitu erinevat olekut, siis seega on nende superpositsioon samale energiale vastav statsionaarne olek. Sellisel juhul on tegemist erijuhuga. Kuid üldiste Schrödingeri võrrandite korral

$$\psi_1(\vec{r},t) = e^{-\frac{i}{h}E_1 t}\varphi_1(\vec{r})$$

ehk

$$E_1\varphi_1(\vec{r},t) = -\frac{h^2}{2M}\Delta\varphi_1(\vec{r},t) + U(\vec{r},t)\varphi_1(\vec{r},t)$$

ja

$$\psi_2(\vec{r},t) = e^{-\frac{i}{h}E_2 t}\varphi_2(\vec{r})$$

ehk

$$E_2\varphi_2(\vec{r},t) = -\frac{h^2}{2M}\Delta\varphi_2(\vec{r},t) + U(\vec{r},t)\varphi_2(\vec{r},t)$$

ei ole olek

$$\psi(\vec{r},t) = c_1\psi_1(\vec{r},t) + c_2\psi_2(\vec{r},t)$$

enam statsionaarne. Sellise superpositsiooni korral ei ole osakese energia kindlalt fikseeritud suurus ja erinevatel aegadel saame osakese leida erineva energiaga olekus (E_1 või E_2).

Füüsikas kasutatakse lineaarse kombinatsiooni mõiste asemel enamasti superpositsiooni mõistet ehk superpositsiooniprintsiipi.

Tuleb märkida seda, et Schrödingeri võrrandi tegelik kuju on esitatav järgmiselt:

$$-\frac{h^2}{2m}\Delta\Psi + U\Psi = ih\frac{d\Psi}{dt}$$

kuid meie kasutasime just sellist Schrödingeri võrrandit:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{d^2\psi}{dy^2} + \frac{d^2\psi}{dz^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2}\left(E - E_p\right) * \psi = 0$$

ehk

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{d^2\psi}{dy^2} + \frac{d^2\psi}{dz^2} + \frac{2m}{h^2}E\psi = 0$$

Tegemist on statsionaarsete olekute Schrödingeri võrrandiga, mille korral puudub võrrandis aeg t. Me kasutasime statsionaarsete olekutega Schrödingeri võrrandit, kuna meil oli vaja võrrandist ära kaotada kogu ajaline ja ruumiline osa. Hyperruumis, milles ilmnevad kõik kvantmehaanilised efektid, ei eksisteeri enam aega ega ruumi. Lõpuks saime tuletada järgmise võrduse:

$$E\psi = -E\psi$$

kuid milles

$$\psi = \psi(x,y,z,t) = \psi(\vec{r},t)$$

Kuna kõik aja ja ruumiga seotud liikmed tuli võrrandist välja “taandada”, siis võisimegi kasutada sellist kuju:

$$E = -E$$

millest saigi lõpuks „tuletada“ lineaarse kombinatsiooni võrrandi:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

Viimane võrrand sisaldab endas juba ajalisi ja ruumilisi komponente. Selline lõpptulemus tähendab seda, et ajas ja ruumis eksisteerivate osakeste kirjeldamiseks kasutatava superpositsiooni võrrandi tuletamiseks lähtusime aja ja ruumi mitte eksisteerimisest. Selline analüüs võib pealtnäha olla absurdne, kuid tegelikult on see ainuvõimalik viis kvantmehaanika mõistmiseks.

Kuna me kasutasime just statsionaarsete olekute Schrödingeri võrrandit, siis seega saime esialgu

sellise superpositsiooni võrrandi:

$$\psi(\vec{r}) = c_1\psi_1(\vec{r}) + c_2\psi_2(\vec{r})$$

milles puudub aeg t. Sellisel juhul on meil tegemist statsionaarsete olekutega, mille korral lahendite superpositsiooniprintsiip üldjuhul ei kehtigi. Kui aga võrrandis esineb aeg t:

$$\psi(\vec{r}, t) = c_1\psi_1(\vec{r}, t) + c_2\psi_2(\vec{r}, t)$$

siis saadud olek ψ ei ole enam statsionaarne, mis tähendab seda, et see sõltub ka ajast.

2.2.20.10.5 Kvantpõimumine

Eelnevalt tuletasime sellise võrduse:

$$E\psi = -E\psi$$

milles esineb tegelikult kaks erinevat lainefunktsiooni. Kui me järgnevalt arvestame ainult energiatega:

$$E = -E$$

ja viime ühe liikme võrrandi teisele poole võrdusmärki, siis saame tulemuseks:

$$0 = E + E$$

ehk

$$0 = E_1 + E_2$$

Viimased avaldised võrduvad nullidega. Kvantmehaanikas aga kujutab näiteks $c_1\psi_1$ füüsikalist olekut energiaga E_1:

$$E_1 \rightarrow c_1\psi_1$$

mille tõttu kujutab analoogiliselt ka $c_2\psi_2$ füüsikalist olekut energiaga E_2:

$$E_2 \rightarrow c_2\psi_2$$

Sellisel juhul saame kvantmehaanikast tuntud lineaarse kombinatsiooni võrrandi:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

ehk

$$\psi(\vec{r}, t) = c_1\psi_1(\vec{r}, t) + c_2\psi_2(\vec{r}, t)$$

milles

$$\psi = \psi(x, y, z, t) = \psi(\vec{r}, t)$$

ja c_1 ning c_2 on mingid suvalised, üldiselt kompleksarvulised kordajad. Kordajad c_1 ja c_2 on võrdsed tõenäosusega. Tõenäosus ise avaldub ainult ruudus: $|c_1|^2$ ja $|c_2|^2$. Viimane võrrand kirjeldabki tegelikult ka osakeste kvantpõimumist, mille korral liituvad osakeste olekufunktsioonid, mitte tõenäosused.

Näiteks eespool me tuletasime sellise avaldise:

$$0 = E + E$$

ehk

$$0 = E_1 + E_2$$

milles olevaid energia olekuid võivad kirjeldada lainefunktsioonid:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

Osakeste kvantpõimumise korral liituvad osakeste olekufunktsioonid, mitte tõenäosused. Näiteks kahe erineva osakese spinni olekut kirjeldab üks lainefunktsioon:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Spinn on osakese omaimpulsimoment, millega on seotud vastav magnetmoment. See tähendab seda, et näiteks aatomituuma ümber tiirleva elektroni magnetmomendi ja impulsimomendi vahel esineb kindel seos. Elektroni spinn $\vec{s}$ ja impulsimoment on ühesuguste matemaatiliste omadustega. Elektrivälja energia E

$$E = \frac{q\varphi}{2}$$

ja eespool tuletatud seisuenergia E

$$E = -\frac{mc^2}{2} = mc^2 = hf$$

valemite omavahelisest võrdusest:

$$-\frac{mc^2}{2} = \frac{q\varphi}{2}$$

saab põhimõtteliselt „tuletada“ elektroni omamagnetmomendi avaldise. Näiteks võtame viimase võrrandi mõlemad pooled ruutu:

$$\frac{m^2c^4}{4} = \frac{q^2\varphi^2}{4}$$

ja korrutame võrrandi mõlemad pooled kahega (2) ning arvestame kvantväljade teoorias tuletatud valguse kiiruse c ja Plancki konstandi h vahelise seosega:

$$\frac{1}{c^4} \approx \bar{h} = \frac{h}{2\pi}$$

Tulemuseks saame võrrandi:

$$\frac{m^2}{2} = \bar{h}\frac{q^2}{2}\varphi^2$$

Järgnevalt oletame, et elektrilaeng q võrdub elementaarlaenguga ehk konstandiga e:

$$\frac{m^2}{2} = \bar{h}\frac{e^2}{2}\varphi^2$$

ja pärast matemaatilisi teisendusi saamegi elektroni omamagnetmomendi avaldise:

$$\frac{M}{2e\varphi^2} = \bar{h}\frac{e}{2M}$$

milles

$$\frac{eh}{2M} = \mu_s \equiv \mu_B$$

Selles on elektroni spinn poolearvuline, mida kirjutatakse välja kvantarvuna.

> MÄRKUS: Siin ja edaspidi on toodud näiteid ja arvutusi just elektroniga, kuid spinnid esinevad ka kõikidel teistel elementaarosakestel, sealhulgas ka footonitel ehk valguse osakestel.

Tekib küsimus, et miks me tuletasime just sellise avaldise:

$$\mu_B = \frac{eh}{2M}$$

kui me oleksime saanud ka teisi võrrandi kujusid tuletada. Vastus sellele küsimusele on tegelikult väga lihtne. Kuna Plancki konstandi h dimensioon ühtib impulsimomendi dimensiooniga ja spinni väärtus võib kvantmehaanika järgi võrduda ka ühega, siis seega saame viimase võrrandi teisendada kujule:

$$\frac{eh}{2M} = \frac{q}{m}\sigma h = \frac{q}{m}mvr = qvr = \frac{mv^2}{B}$$

ehk

$$qvr = \frac{mv^2}{B}$$

millest omakorda nähtub Newtoni II seaduse põhjal leitav elektromagnetismi füüsikast tuntud Lorentzi jõud:

$$F = ma = ma_k = \frac{mv^2}{r} = qvB$$

Laengut q omavale ja kiirusega v liikuvale osakesele mõjub magnetväljas induktsiooniga B Lorentzi jõud:

$$F = qvB$$

täpsemalt:

$$F = qvB\ sin\alpha$$

Kõige tugevam on Lorentzi jõud liikumissuunaga ristuvas magnetväljas, kuna sellisel juhul võrdub $sin\alpha = 1$. Lorentzi jõu avaldis tuletatakse omakorda tuntud Ampere'i seadusest:

$$F = BIl\ sin\alpha = BqnvSl\ sin\alpha$$

milles α on nurk voolu suuna ja magnetvälja suuna vahel. Antud avaldis kirjeldab jõudu F, mis mõjub juhtmelõigule, mille pikkus on l ja milles kulgeb vool tugevusega I. B on magnetvälja induktsioon. Kuna voolutugevuse I kirjutasime lahti, siis seega jõud ühe laengukandja kohta avaldub kujul:

$$F = qvB\ sin\alpha = \frac{F}{N}$$

mis ongi Lorentzi jõud. Teatavasti on jõud F seotud potentsiaaliga U, mistõttu leiame eespool tuletatud avaldisest:

$$\frac{eh}{2M} = qvr = \frac{mv^2}{B}$$

potentsiaali võrrandi:

$$\frac{eh}{2M}B = qvrB = mv^2 = -U$$

Selle järgi avaldub magnetväljas mõjuv jõud kujul:

$$\vec{F} = -gradU = grad\left(\frac{eh}{2M}\vec{B}\right)$$

Viimasest võib nähtuda ka selline avaldis:

$$\vec{F} = \mu_B \nabla B$$

mille korral mõjub osakesele väljasihiline jõud. Sellisel juhul on magnetväli mittehomogeenne, milles magnetvälja suund muutub vähe, kuid magnetvälja väärtus muutub välja sihis. Magnetmomendi väljasihiline komponent ongi μ_B.

MÄRKUS 1. Siinkohal tasub märkida seda, et eelnevalt saadud elektroni omamagnetmomendi võrdus:

$$\frac{M}{2e\varphi^2} = \bar{h}\frac{e}{2M}$$

„sisaldab“ selliseid seoseid nagu näiteks seisuenergia ja elektrivälja energia omavahelist võrdust:

$$mc^2 = \frac{mc^2}{2} = \frac{q\varphi}{2} = \frac{e\varphi}{2}$$

tuntud seisuenergia avaldist $E = mc^2$ ja Plancki konstandi h seost valguse kiirusega c:

$$\frac{1}{c^4} \approx \bar{h} = \frac{h}{2\pi}$$

Sellest tulenevalt saab elektroni magnetmomendi võrrandit matemaatiliselt teisendada niimoodi

$$\frac{M}{4E\varphi} = \frac{1}{2c^2\varphi} = \bar{h}\frac{e}{2M}$$

ehk

$$\frac{1}{2c^2} = \bar{h}\frac{E}{M} \approx \frac{1}{c^4}\frac{E}{M}$$

mille tulemusena on võimalik saada tagasi võrrandi esialgne kuju:

$$\frac{mc^2}{2} = E$$

ehk

$$E = -\frac{mc^2}{2}$$

MÄRKUS 2. Eespool tuletatud Bohri magnetroni avaldisest:

$$\frac{M}{2e\varphi^2} = \frac{he}{2M} = \mu_B$$

me näeme seda, et see võrdub ka sellise seosega:

$$\frac{M}{2e\varphi^2} = \mu_B$$

Sellist võrdust on väga keeruline tõestada. Seda saab teha ainult ühel juhul. Näiteks, kuna eelnevalt kasutasime elektrivälja energia

$$E = \frac{e\varphi}{2}$$

ja seisuenergia $E = mc^2 = \frac{mc^2}{2}$ avaldisi, siis seega saame sellise võrduse:

$$\frac{M}{2e\varphi^2} = \frac{1}{2c^2\varphi}$$

mis annab meile juba tuntud võrrandite seose:

$$\frac{Mc^2}{2} = \frac{e\varphi}{2} = E$$

Viimases nähtubki elektrivälja ja selle energia omavaheline seos.

MÄRKUS 3: Eelneva põhjal võime tuletatud seoses:

$$\frac{he}{2M} = \mu_B$$

sooritada ka selliseid teisendusi:

$$\frac{e}{c^4 2M} = \mu_B$$

mis annaks meile järgmise magnetroni definitsiooni:

$$\frac{e}{2Ec^2} = \mu_B$$

Selle korrutis valguse kiiruse ruuduga annab meile eespool tuletatud seose:

$$\frac{e}{2E} = c^2\mu_B = \frac{1}{2\varphi}$$

mistõttu nähtubki taas elektrivälja ja energia omavaheline seos:

$$\frac{e\varphi}{2} = \frac{E}{2} = \frac{mc^2}{2}$$

Selline analüüs tõestab eespool olevate tuletiste ja seoste õigsust.

Kuna magnetmoment ja elektroni spinn on omavahel seotud, siis Sterni-Gerlachi katse tõttu saame seose:

$$\vec{\mu}_s = -\frac{e}{M}\vec{s}$$

milles $\vec{s} = -\frac{h}{2}$. Saadud tulemus on sarnane orbitaalse magnetmomendi ja orbitaalse momendi seosega. Selle järgi saame spinni magnetmomendi projektsiooni z-teljele:

$$(\vec{\mu}_s)_z = -\frac{eh}{M}\sigma$$

milles $\sigma = -\frac{1}{2}$. Vastava magnetmomendi väärtus tuleb seega:

$$\mu_s = \frac{eh}{2M} = \mu_B$$

Selline tulemus näitab, et elektroni magnetmoment on aatomis võrdne Bohri magnetroniga, mille väärtuseks on:

$$\mu_B = \frac{eh}{2M} = 9{,}27 * 10^{-24} Am^2$$

Viimast elektroni magnetmomendi võrrandit on tegelikult võimalik ka matemaatiliselt tuletada ja näidata ka selle otsest seost kvantmehaanikaga. Osakese omamagnetmoment on rangelt kvantmehaaniline ja seega ei ole sellel klassikalist analoogi.

Spinn on osakese omaimpulsimoment, millega on seotud vastav magnetmoment.

Vastavalt impulsi p ja koordinaadi x määramatuse seosele:

$$px = h$$

„ühtib“ Plancki konstandi h dimensioon impulsimomendi L dimensiooniga:

$$L = pr = mvr$$

Impulsimomendi operaator avaldub kvantmehaanikas järgmiselt:

$$\hat{\vec{L}} = \vec{r} \times \hat{\vec{p}} \equiv -ih\vec{r} \times \nabla$$

Ristkoordinaatides on impulsimomendi operaatori komponendid:

$$\hat{L}_x = -ih\left(y\frac{\partial}{\partial z} - z\frac{\partial}{\partial y}\right)$$

$$\hat{L}_y = -ih\left(z\frac{\partial}{\partial x} - x\frac{\partial}{\partial z}\right)$$

$$\hat{L}_z = -ih\left(x\frac{\partial}{\partial y} - y\frac{\partial}{\partial x}\right)$$

Impulsimomendi projektsioonide samaaegse mõõdetavuse leidmise korral arvutatakse kvantmehaanikas kommutatsiooniseoseid ehk kommutaatoreid. Nende lahenditeks on järgmised tulemused:

$$\left[\hat{L}_x, \hat{L}_y\right] = ih\hat{L}_z$$

$$\left[\hat{L}_z, \hat{L}_x\right] = ih\hat{L}_y$$

$$\left[\hat{L}_y, \hat{L}_z\right] = ih\hat{L}_x$$

Neid ei hakka me siin tõestama. Nendest järeldub, et operaatorid omavahel ei kommuteeru ja seega ei saa neile vastavaid füüsikalisi suurusi samal ajal mõõta. Täpselt saab mõõta ainult ühte impulssmomendi projektsiooni (näiteks z-teljele). Ülejäänud kaks on aga sellisel juhul määramatud. Kuid koos ühe projektsiooniga saab mõõta ka impulssmomendi ruutu, mille tõttu ka impulssmomenti. Näiteks sellise arvutuse kaudu:

$$\hat{\vec{L}}^2 = \hat{L}^2{}_x + \hat{L}^2{}_y + \hat{L}^2{}_z$$

tõestatakse kvantmehaanikas järgmise seose kehtivus:

$$\left[\hat{\vec{L}}^2, \hat{L}_x\right] = \left[\hat{\vec{L}}^2, \hat{L}_y\right] = \left[\hat{\vec{L}}^2, \hat{L}_z\right] = 0$$

Impulsimomendi ruudu ja tema projektsioonide arvutamiseks tuleb lahendada omaväärtusülesanne:

$$\hat{\vec{L}}^2 Y = L^2 Y$$

$$\hat{L}_z Y = L_z Y$$

kuna samal ajal mõõdetavatel operaatoritel on ühised omafunktsioonid. Sellisel omaväärtusülesandel on järgmised lahendid:

$$\hat{\vec{L}}^2 Y_{lm} = h^2 l(l+1) Y_{lm}$$

$$\hat{L}_z Y_{lm} = hm Y_{lm}$$

Nendes lahendites esinev kvantarv l määrab ära impulsimomendi ruudu, mille väärtused võivad olla järgmised:

$$l = 0,1,2, \ldots$$

Kvantarv m määrab ära impulsimomendi projektsiooni ja sellel võib olla 2l+1 väärtust:

$$m = l, l-1, \ldots, 0, \ldots, -(l-1), -l$$

Nende seoste põhjal võime saada:

$$L_z = -h$$

ehk

$$-L_z = h$$

Eelnevate seoste tõttu saame ka magnetmomendi avaldise:

$$\mu_s = \frac{eh}{2M} = \frac{e}{M}\frac{h}{2} = \frac{e}{M}\sigma h$$

kirjutada kujule:

$$\vec{\mu} = -\frac{e}{2M}\vec{L}$$

Kvantarvu l nimetatakse kvantmehaanikas orbitaalseks kvantarvuks, m nimetatakse magnetiliseks kvantarvuks ja omafunktsioone Y_{lm} kerafunktsioonideks.

Kvantarvu l nimetatakse orbitaalseks kvantarvuks sellepärast, et tsentraalsümmeetrilise välja korral iseloomustab ta osakese impulsimomenti (ehk orbitaalset liikumist). Kvantarvu m nimetatakse magnetiliseks kvantarvuks, sest see määrab

impulsimomendi projektsiooni. Kvantarv m on seotud magnetmomendiga, mis on tingitud näiteks elektroni orbitaalsest olekust. See on seotud ka spektrijoonte lõhustumisega magnetväljas. Kerafunktsioonid on sellised omafunktsioonid, mis kirjeldavad kindla impulsimomendi ja selle projektsiooniga olekuid.

Aatomituuma ümber tiirleva elektroni magnetmomendi ja impulsimomendi vahel esinebki seos:

$$\vec{\mu} = -\frac{e}{2M}\vec{L}$$

Täpselt samasugune seos tuletatakse ka kvantmehaanikas vastavate operaatoritega:

$$\hat{\vec{\mu}} = -\frac{e}{2M}\hat{\vec{L}}$$

Elektroni spinn $\vec{s}$ ja impulsimoment on ühesuguste matemaatiliste omadustega. Seetõttu on võimalik lainefunktsioonid, mis kirjeldavad elektroni spinni, leida omaväärtusülesandest:

$$\hat{\vec{s}}^2\chi = h^2 s(s+1)\chi$$

ehk

$$\hat{s}_z\chi = h\sigma\chi$$

milles spinni kirjeldav kvantarv on s ja spinni projektsiooni z-teljele kirjeldab σ, kusjuures:

$$\sigma = +s, \dots, -s$$

Elektroni spinn ehk spinni kirjeldav kvantarv on:

$$s = \frac{1}{2}$$

kuid spinni projektsiooni väärtused on:

$$\sigma = +\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$$

Kvantmehaanikas ongi võimalikud nii täis- kui ka poolarvulised spinni väärtused:

$$s = 0, \frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2}, 2, \dots$$

Osakese spinn on teda iseloomustav kindel suurus, kuid muutuvaks suuruseks on ainult spinni projektsioon, omades väärtusi: $\sigma = +s, \dots, -s$. Seetõttu üsna sageli ei kirjutata spinni väärtust, vaid selle asemel kirjutatakse spinni projektsiooni väärtus. Näiteks elektroni korral tähendab $+\frac{1}{2}$ spinni projektsiooni z-telje positiivses suunas ja $-\frac{1}{2}$ tähendab spinni projektsiooni z-telje negatiivses suunas. Väljendatakse ka niimoodi, et spinn on üleval või spinn on all.

Elektronil on olemas omaimpulsimoment ehk spinn. Kõikidel elementaarosakestel ja nende süsteemidel on olemas spinn. Elektronil, prootonil ja neutronil on olemas üks ja sama spinn: $s = \frac{1}{2}$. Footoni spinn võrdub aga ühega. Footoni seisumassi puudumise tõttu omab footoni spinni projektsioon ainult kaks väärtust: +1 ja -1. Prootonite ja neutronite spinnide liitumine annab aatomituuma spinni väärtuse. Tuuma spinni väärtused võivad olla: 0, $\frac{1}{2}$, 1, $\frac{3}{2}$, ...

Osakese spinnist sõltub statistika ehk need osakesed alluvad Pauli keeluprintsiibile. Pauli keeluprintsiibi järgi ei saa aatomis elektronid olla ühes ja samas olekus ehk ühes ja samas aatomis ei saa olla kahte ühesuguste „kvantarvudega“ elektroni. Täpsemalt tähendab see seda, et ühe ja sama energiaga olekus need tegelikult saavad olla, kuid seda erineva spinni projektsiooniga. Pauli tõestas,

et sama omadus on kõigil mikroosakestel, mille spinn või koguspinn on poolarvuline. Pauli keeluprintsiibile ei allu täisarvulise spinniga osakesed, mis tähendab seda, et täisarvulise spinniga osakesed (näiteks footonid) võivad olla ühes ja samas olekus põhimõtteliselt kui tahes palju. Pauli keeluprintsiipi tuletatakse matemaatiliselt relativistlikust kvantväljateooriast.

Pauli keeluprintsiip ei kehti 1 spinniga osakeste kohta. Kui spinni ei oleks, siis näiteks kaks osakest saavad aatomis olla korraga ühes olekus. Footonil on spinn 1, kuid bosonil saab olla spinn 0 või 1. Kahekomponendise elektroni olekufunktsioon on spiinor.

Täisarvulist spinnkvantarvu s omavad osakesed (näiteks footonid, neutriinod jne) on kirjeldatavad sümmeetriliste lainefunktsioonidega. Need on bosonid, kuna nende osakeste statistilised ansamblid alluvad Bose-Einsteini statistikale.

Antisümmeetrilised lainefunktsioonid kirjeldavad murdarvulise spinnkvantarvuga osakesi (näiteks elektronid, prootonid, neutronid jne). Need on fermionid, kuna nad alluvad Fermi-Diraci statistikale.

n osakese antisümmeetriline lainefunktsioon on avalduv n järku (Slateri) determinandina, mille veeru indeks vastab üheelektroonse spinnorbitali indeksile ning rea indeks osakese järjenumbrile. Suurus N on võrrandites normeerimiskordaja. Antisümmeetriliste lainefunktsioonide tähtsamad omadused on kooskõlas determinantide omadustega:

1. Näiteks antisümmeetria printsiip seisneb selles, et lainefunktsiooni märk muutub kahe osakese koordinaatide vahetamisel. Determinandi märk muutub determinandi kahe rea vahetamisel.

2. Pauli printsiip ütleb, et ühel spinnorbitalil ei tohi olla rohkem kui üks osake. Determinant on võrdne nulliga, kui determinandi kaks veergu on omavahel võrdsed.

3. Determinandi ortogonaalne transformatsioon (s.t. determinandi maatriks, korrutis vasakult ja paremalt mingi unitaarse maatriksiga) ei muuda determinandi väärtust. Sellest järeldub, et Slateri determinandiga kirjeldatud süsteemi kirjeldab ka unitaarset maatriksit sisaldav determinant. See tähendab, et süsteemi on võimalik kirjeldada omavahel ortogonaalse transformatsiooni kaudu seotud erinevate spinnorbitalide komplektidega.

Kuna elektrivälja energia E

$$E = \frac{q\varphi}{2}$$

ja eespool tuletatud seisuenergia E

$$E = -\frac{mc^2}{2} = mc^2 = hf$$

valemite omavahelisest võrdusest:

$$-\frac{mc^2}{2} = \frac{q\varphi}{2}$$

sai põhimõtteliselt „tuletada“ elektroni (oma)magnetmomendi avaldise:

$$\frac{eh}{2M} = \mu_s \equiv \mu_B$$

mis on seotud omakorda omaimpulsimomendiga ja seeläbi osakese spinniga, siis seega eespool tuletatud avaldises

$$0 = E_1 + E_2$$

olevate energia olekute asemel võivad omavahel liituda spinne kirjeldavad olekufunktsioonid:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

mitte enam energia olekuid kirjeldavad lainefunktsioonid:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

Sellise kvantpõimumise korral liituvad omavahel osakeste olekufunktsioonid, mitte tõenäosused.

Eespool „tuletatud“ elektroni magnetmomendi võrrandis:

$$\frac{eh}{2M} = \mu_s \equiv \mu_B$$

on eranditult kõik liikmed konstandid. Näiteks e on elementaarlaeng, M on elektroni mass (mis on samuti konstant) ja h on Plancki konstant. Konstandid teatavasti ajas ja ruumis ei muutu. Kuid elektroni magnetmoment

$$\vec{\mu}_s = -\frac{e}{M}\vec{s}$$

on seotud elektroni spinniga: $\vec{s} = -\frac{h}{2}$. Viimane avaldis $\vec{\mu}_s$ sarnaneb orbitaalse magnetmomendi ja orbitaalse momendi seosega. Selle järgi saame spinni magnetmomendi projektsiooni z-teljele:

$$(\vec{\mu}_s)_z = -\frac{eh}{M}\sigma$$

milles $\sigma = -\frac{1}{2}$. Spinn on osakese omaimpulsimoment, millega on seotud vastav magnetmoment. Kui orbitaalne moment on muutuv suurus, siis osakese spinn on teda iseloomustav kindel suurus. Muutuvaks suuruseks on ainult spinni projektsioon, omades väärtusi:

$$\sigma = +s, \dots, -s$$

Seetõttu ei kirjutata üsna sageli spinni väärtust, vaid selle asemel kirjutatakse spinni projektsiooni väärtus. Näiteks elektroni korral tähendab $+\frac{1}{2}$ spinni projektsiooni z-telje positiivses suunas ja $-\frac{1}{2}$ tähendab spinni projektsiooni z-telje negatiivses suunas. Väljendatakse ka niimoodi, et spinn on üleval või spinn on all. Seetõttu võib väita, et ainult spinni oleku mõõtmise tulemus mõjutab teise osakese spinni olekut kõigest 0 sekundiga, mis ei sõltu osakeste vahekaugusest. See tähendab seda, et osakeste kvantpõimumine esineb ainult osakeste spinnide olekute vahel.

Eelnevalt on toodud näiteid ja arvutusi just elektroniga, kuid spinnid esinevad tegelikult ka kõikidel teistel elementaarosakestel, sealhulgas ka footonitel ehk valguse osakestel.

Kuna hyperruumis võrdus aegruumi intervall nulliga (s.t. aja ja ruumi eksisteerimise lakkamine):

$$ds^2 = -c^2t^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2 = 0$$

siis seega pidi ka Laplace’i operaator võrduma nulliga:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{d^2\psi}{dy^2} + \frac{d^2\psi}{dz^2} = 0$$

mis esines kvantmehaanika põhivõrrandis ehk Schrödingeri lainevõrrandis:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2}+\frac{d^2\psi}{dy^2}+\frac{d^2\psi}{dz^2}+\frac{2m}{h^2}E\psi=0$$

See võimaldas meil tuletada lainefunktsioonide lineaarse kombinatsiooni võrrandi:

$$\psi=c_1\psi_1+c_2\psi_2$$

millest omakorda saime osakeste kvantpõimumist kirjeldava avaldise:

$$|\psi\rangle=\frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle+\frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

See tähendab seda, et osakeste kvantpõimumist põhjustab aja ja ruumi eksisteerimise lakkamine hyperruumi dimensioonis. Osakeste kvantpõimumine väljendub selles, et ühe osakese spinni mõõtmine mõjutab teise osakese spinni kõigest 0 sekundiga ja seda mistahes ruumilise vahemaa korral. Näiteks kahe osakese korral võib teine osake eksisteerida lausa teises galaktikas miljardite valgusaastate kaugusel.

> Kuna footonid saavad omavahel kvantpõimuda ja samas on footonid ka valguse osakesed (elektromagnetlained), siis seega võib põhimõtteliselt mõista ka nii, et elektromagnetlained omavahel kvantpõimuvad. Elektromagnetlaine ja footon on ühe ja sama nähtuse kaks erinevat külge, sarnaselt nii nagu ühel ja samal mündil on kaks erinevat külge.

2.2.20.10.6 Spinnide matemaatika

Kirjeldamaks just kvantpõimumist peame c kordajate ja ψ lainefunktsioonide väärtuste saamiseks lahendama ära osakeste spinnide maatriksoperaatorite omaväärtusülesanded:

$$\hat{S}_z\begin{pmatrix}u_1\\u_2\end{pmatrix}=s_z\begin{pmatrix}u_1\\u_2\end{pmatrix}$$

ja

$$\hat{S}_x\begin{pmatrix}u_1\\u_2\end{pmatrix}=s_x\begin{pmatrix}u_1\\u_2\end{pmatrix}$$

milles avalduvad spinnide maatriksoperaatorid vastavalt koordinaatidele:

$$\hat{S}_z=\frac{h}{2}\begin{pmatrix}1&0\\0&-1\end{pmatrix}$$

ja

$$\hat{S}_x=\frac{h}{2}\begin{pmatrix}0&1\\1&0\end{pmatrix}$$

Spinnide operaatorite omaväärtusülesande lõpplahenduse tulemuseks saadakse järgmine avaldis:

$$\varphi_x^+=\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\1\end{pmatrix}=c^+\varphi_z^++c^-\varphi_z^-=c^+\begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix}+c^-\begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}=u_x^+=\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\1\end{pmatrix}=\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix}+\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}$$

mis tähendab seda, et mõõta saab spinni ühe projektsiooni tõenäosust teise projektsiooni kaudu. Kui me nüüd võrdleme viimast saadud avaldist olekufunktsiooni võrrandiga:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

siis me näeme, et c kordajad võrduvad:

$$c_1 = c_2 = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

ja ψ funktsioonid avalduvad vastavalt:

$$\psi_1 = \begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix}$$

ning

$$\psi_2 = \begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}$$

Kuna maatriksid avalduvad ka niimoodi:

$$\begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix} = |0\rangle = |\uparrow\rangle$$

ja

$$\begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix} = |1\rangle = |\downarrow\rangle$$

siis saame olekufunktsiooni võrrandi lõplikuks kujuks:

$$c_1|0\rangle + c_2|1\rangle = |\psi\rangle$$

milles „normeerimistingimus“ peab võrduma ühega:

$$|c_1|^2 + |c_2|^2 = 1$$

Kuna tegemist on ainult ühe osakese spinni oleku kirjeldamisega:

$$\varphi_x^+ = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\1\end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1 & 1\\1 & -1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}}\left[\begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}\right] = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) = \widehat{H}|0\rangle = H|0\rangle$$

siis kahe osakese spinni olekut kirjeldaks võrrand:

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) \;\rightarrow\; \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle)$$

Kuid matemaatilise ranguse tõttu tuleb kahe osakese oleku kirjeldamiseks teha „transformatsioon“, mis annabki meile viimase võrrandi:

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)|0\rangle \overset{(C-NOT)gate}{\leftrightarrows} \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle) = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

ehk

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle) = cos\theta|00\rangle + sin\theta|11\rangle$$

kusjuures

$$conc(\psi) = 2|\sin(\theta)\cos(\theta)| = |\sin(2\theta)|$$

Saadud võrrandid ongi osakeste spinnide kvantpõimumiste „matemaatilised põhidefinitsioonid“ ehk põhivõrrandid.

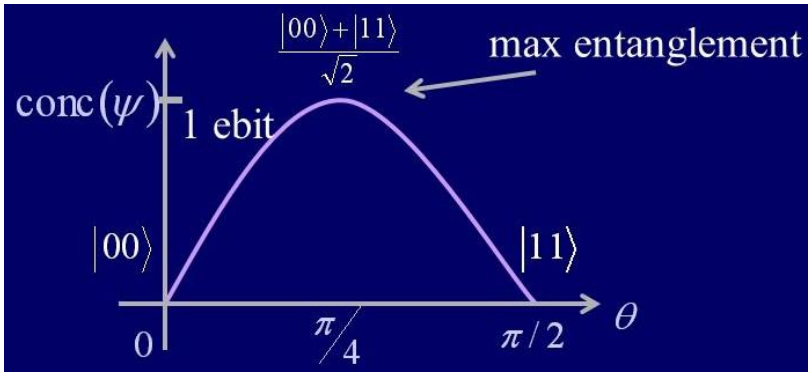


Foto allikas: http://images.slideplayer.com/26/8717367/slides/slide_7.jpg

Joonis 2 Saadud võrrand näitab maksimaalset põimumist.

Ühe osakese spinni olekut kirjeldavas võrrandis:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle) = \frac{|0\rangle}{\sqrt{2}} + \frac{|1\rangle}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle$$

ehk

$$|\psi\rangle = a|0\rangle + b|1\rangle = \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$$

näitavad kordajate a ja b ruudud tõenäosust P:

$$|a|^2 = P_{|0\rangle}$$

ja

$$|b|^2 = P_{|1\rangle}$$

kuna tõenäosus avaldub kvantmehaanikas ainult ruudus ja normeerimistingimus võrdub alati ühega:

$$|a|^2 + |b|^2 = 1$$

Kuid kahe osakese spinni oleku „põimumist“:

$$|\varphi\rangle = a|0\rangle + b|1\rangle$$

$$|\psi\rangle = c|0\rangle + d|1\rangle$$

on sellisel juhul võimalik kirjeldada matemaatiliselt järgmiselt:

$$|\varphi\rangle \otimes |\psi\rangle = (a|0\rangle + b|1\rangle) \otimes (c|0\rangle + d|1\rangle) =$$

$$= ac|0\rangle + ad|1\rangle + bc|2\rangle + bd|3\rangle =$$

$$= \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle + \gamma|2\rangle + \delta|3\rangle$$

kuid seda ainult juhul, kui kehtib mittevõrdus:

$$\alpha\delta \neq \beta\gamma$$

Võrduse korral osakeste põimumist aga ei esine:

$$\alpha\delta = \beta\gamma$$

Põhimõtteliselt võib teha ka sellise „transformatsiooni“ (→):

$$|0\rangle, |1\rangle, |2\rangle, |3\rangle \;\rightarrow\; |00\rangle, |01\rangle, |10\rangle, |11\rangle$$

mis annab meile eespool oleva võrrandi kujuks:

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle + \gamma|2\rangle + \delta|3\rangle \;\;\rightarrow\;\; |\psi\rangle = \alpha|00\rangle + \beta|01\rangle + \gamma|10\rangle + \delta|11\rangle$$

Sellisel juhul avaldub normeerimistingimus järgmiselt:

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 + |\gamma|^2 + |\delta|^2 = 1$$

Üle-eelmisest võrrandist

$$|\psi\rangle = \alpha|00\rangle + \beta|01\rangle + \gamma|10\rangle + \delta|11\rangle$$

saame tegelikult ka lühema „versiooni“:

$$|\psi\rangle = \alpha|00\rangle + \beta|01\rangle + \gamma|10\rangle + \delta|11\rangle \;\;\rightarrow\;\; |\psi\rangle = \alpha|00\rangle + \delta|11\rangle$$

mis võib kattuda eespool tuletatud võrrandiga:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

milles

$$\alpha = \delta = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Selline võrrand kirjeldab väga hästi kahe osakese spinni oleku põimumist, kuna ühe osakese spinni oleku mõõtmine mõjutab teise osakese spinni olekut silmapilkselt. Kuid mittepõimunud olekut kirjeldab võrrand:

$$|\psi\rangle = \frac{|00\rangle + |01\rangle + |10\rangle + |11\rangle}{2}$$

ja seda sellepärast, et ühe osakese spinni oleku mõõtmisel jääb teise osakese spinni olek määramatuks.

Siinkohal on huvitav märkida seda, et kui me kahe osakese olekut kirjeldavale lainefunktsioonile

$$|\psi\rangle = \frac{|00\rangle + |01\rangle + |10\rangle + |11\rangle}{2} \quad\rightarrow\quad |\psi\rangle = \frac{1}{2}(|00\rangle + |11\rangle)$$

ehk

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle) \quad\rightarrow\quad |\psi\rangle = \frac{1}{2}(|00\rangle + |11\rangle)$$

tahame „lisada“ ka kolmanda osakese olekut kirjeldava lainefunktsiooni:

$$|\varphi\rangle = a|0\rangle + b|1\rangle \quad\rightarrow\quad |\varphi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle$$

siis saame tulemuseks järgmise matemaatilise avaldise:

$$|\varphi\rangle\otimes|\psi\rangle = (\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle)\otimes(|00\rangle + |11\rangle)\frac{1}{2} =$$

$$= \frac{1}{2\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle)\otimes(\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) +$$

$$+ \frac{1}{2\sqrt{2}}(|00\rangle - |11\rangle)\otimes(\alpha|0\rangle - \beta|1\rangle) +$$

$$+ \frac{1}{2\sqrt{2}}(|01\rangle + |10\rangle)\otimes(\beta|0\rangle + \alpha|1\rangle) +$$

$$+ \frac{1}{2\sqrt{2}}(|01\rangle - |10\rangle)\otimes(-\beta|0\rangle + \alpha|1\rangle)$$

See tähendab seda, et kolme osakese spinni olekut kirjeldaks nagu üks lainefunktsioon.

Eelnevalt esitatud matemaatilised avaldised kattuvad ka selliste avaldistega, milles esinevad ka Pauli maatriksid ja EPR:

$$(\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) \rightarrow |\psi\rangle$$

$$(\alpha|0\rangle - \beta|1\rangle) \rightarrow \sigma_z|\psi\rangle$$

$$(\beta|0\rangle + \alpha|1\rangle) \rightarrow \sigma_x|\psi\rangle$$

$$(-\beta|0\rangle + \alpha|1\rangle) \rightarrow -i\sigma_y|\psi\rangle$$

$$(|00\rangle + |11\rangle)\frac{1}{2} \rightarrow |EPR\rangle$$

Elektroni poolearvulist spinni saab näidata ka palju rangema matemaatikaga, mis sisaldab endas kvantmehaanikast tuntud operaatorite kommuteeruvust ja omaväärtusülesandeid. Näiteks elektroni spinni kirjeldas omaväärtusülesanne:

$$\hat{s}_z\chi = h\sigma\chi$$

ehk

$$\hat{s}_z\chi = \pm\frac{h}{2}\chi$$

kuid sellist võrrandit võib avaldada ka maatriksite kujul:

$$\hat{S}_z\begin{pmatrix}u_1\\u_2\end{pmatrix} = \pm\frac{h}{2}\begin{pmatrix}u_1\\u_2\end{pmatrix}$$

ehk

$$\hat{S}_z\begin{pmatrix}u_1\\u_2\end{pmatrix} = s_z\begin{pmatrix}u_1\\u_2\end{pmatrix}$$

milles

$$\chi = \begin{pmatrix}u_1\\u_2\end{pmatrix}$$

Viimane võrrand on tegelikult võrdne ka avaldisega:

$$\frac{h}{2}\begin{pmatrix} u_1 \\ -u_2 \end{pmatrix} = s_z \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix}$$

ja seda ainult juhul, kui spinni operaator avaldub maatriksina:

$$\hat{S}_z = \frac{h}{2}\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

ning seejuures peab kehtima jääma ka võrdus:

$$s_z = \pm\frac{h}{2}$$

Sarnane analüüs kehtib ka elektroni spinni x-koordinaadi omaväärtusülesande korral:

$$\hat{s}_x\chi = \pm\frac{h}{2}\chi$$

ehk

$$\hat{S}_x \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix} = s_x \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix}$$

milles

$$\chi = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix}$$

See tähendab, et viimane võrrand on võrdne ka avaldisega:

$$\frac{h}{2}\begin{pmatrix} u_2 \\ u_1 \end{pmatrix} = s_x \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix}$$

ja seda ainult juhul, kui antud spinni operaator avaldub:

$$\hat{S}_x = \frac{h}{2}\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

ning seejuures peab kehtima jääma ka võrdus:

$$s_x = \pm\frac{h}{2}$$

Kui me aga tahame teada, et kas operaatorid $\hat{S}_i$ ja $\hat{S}_j$ on samaaegselt mõõdetavad, siis tuleb leida nende kommutaator:

$$\left[\hat{S}_i, \hat{S}_j\right] = ih\hat{S}_k$$

või

$$S_i = ih\left[S_j, S_k\right]$$

Kui i = j, siis operaatorite kommutaator võrdub nulliga ehk operaatorid kommuteeruvad omavahel. Spinni operaatorid avalduvad kvantmehaanikas maatriksoperaatoritena vastavalt koordinaatidele järgmiselt:

$$\hat{S}_x = \frac{h}{2}\sigma_x = \frac{h}{2}\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\hat{S}_y = \frac{h}{2}\sigma_y = \frac{h}{2}\begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$$

$$\hat{S}_z = \frac{h}{2}\sigma_z = \frac{h}{2}\begin{pmatrix}1 & 0\\ 0 & -1\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\frac{h}{2} & 0\\ 0 & -\frac{h}{2}\end{pmatrix}$$

Näiteks spinni maatriksoperaatorite:

$$S_x = \frac{h}{2}\begin{pmatrix}0 & 1\\ 1 & 0\end{pmatrix}$$

$$S_y = \frac{h}{2}\begin{pmatrix}0 & -i\\ i & 0\end{pmatrix}$$

kommutaatori väärtuseks saame

$$[S_x, S_y] = \begin{pmatrix}i & 0\\ 0 & -i\end{pmatrix} - \begin{pmatrix}-i & 0\\ 0 & i\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}2i & 0\\ 0 & -2i\end{pmatrix}\left(\frac{h}{2}\right)^2$$

Siinkohal tuleb mainida, et spinni operaatorid:

$$\hat{S}_j = \frac{h}{2}\sigma_j$$

sisaldavad „Pauli maatrikseid“ vastavalt koordinaatidele:

$$\sigma_x = \begin{pmatrix}0 & 1\\ 1 & 0\end{pmatrix}$$

$$\sigma_y = \begin{pmatrix}0 & -i\\ i & 0\end{pmatrix}$$

$$\sigma_z = \begin{pmatrix}1 & 0\\ 0 & -1\end{pmatrix}$$

Spinni maatriksid võivad avalduda ka kolmerealiste maatriksitena:

$$S_x = \frac{h}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}0 & 1 & 0\\ 1 & 0 & 1\\ 0 & 1 & 0\end{pmatrix}$$

$$S_y = \frac{h}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}0 & -i & 0\\ i & 0 & -i\\ 0 & i & 0\end{pmatrix}$$

$$S_z = h\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & -1\end{pmatrix}$$

Kuid järgnevalt lahendame ära spinni omaväärtusülesande z-koordinaadi näitel:

$$\hat{S}_z v = s_z v$$

ehk

$$\hat{S}_z \begin{pmatrix}u_1\\ u_2\end{pmatrix} = s_z \begin{pmatrix}u_1\\ u_2\end{pmatrix}$$

milles sulgudes olevad avaldised ehk omavektorid ei ole ruumikoordinaadid/ruumivektorid, vaid need on „isotoopilise ruumi vektorid“ ehk „spiinorid“. Spinni omaväärtusülesanne laheneb järgmiselt:

$$\frac{h}{2}\begin{pmatrix}1 & 0\\ 0 & -1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}u_1\\ u_2\end{pmatrix} = s_z\begin{pmatrix}u_1\\ u_2\end{pmatrix}$$

ehk

$$\frac{h}{2}\begin{pmatrix}u_1\\ -u_2\end{pmatrix} = s_z\begin{pmatrix}u_1\\ u_2\end{pmatrix} = \begin{cases}\frac{h}{2}u_1 = s_z u_1\\ -\frac{h}{2}u_2 = s_z u_2\end{cases}$$

Viimasest võrrandsüsteemist saame täpselt kaks lahendit. Näiteks kui $u_1 \neq 0$, siis saame võrrandist:

$$\frac{h}{2}u_1 = s_z u_1$$

s_z väärtuse:

$$s_z = \frac{h}{2}$$

Eespool olevast võrrandist:

$$\frac{h}{2}\begin{pmatrix}u_1\\ -u_2\end{pmatrix} = s_z\begin{pmatrix}u_1\\ u_2\end{pmatrix}$$

saame aga sulu väärtuse:

$$\begin{pmatrix}u_1\\ 0\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}1\\ 0\end{pmatrix} = \varphi^+ = u^+ = \varphi$$

kuna normeerimistingimus võrdub ühega:

$$u_1^2 + u_2^2 = 1$$

milles $u_1 \neq 0$ ja $u_2 = 0$. Seega on φ „normeeritud“. Kui $u_2 \neq 0$, siis saame võrrandist:

$$-\frac{h}{2}u_2 = s_z u_2$$

s_z väärtuse:

$$s_z = -\frac{h}{2}$$

Võrrand võib põhimõtteliselt võrduda ka:

$$-\frac{h}{2}u_2 = \frac{h}{2}u_2$$

kuna eelnevalt saime:

$$s_z = \frac{h}{2}$$

Eespool tuletatud võrrandis:

$$\frac{h}{2}\begin{pmatrix}u_1\\ -u_2\end{pmatrix} = s_z\begin{pmatrix}u_1\\ u_2\end{pmatrix}$$

saame sulu väärtuseks:

$$\begin{pmatrix}0\\ u_2\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}0\\ 1\end{pmatrix} = \varphi^- = u^-$$

kuna normeerimistingimus võrdub ühega:

$$u_1^2 + u_2^2 = 1$$

milles $u_2 \neq 0$ ja $u_1 = 0$. Siinkohal tuleb märkida seda, et sulgudes olevad avaldised on „omavektorid“ ja murruga avaldised on „omaväärtused“:

$$s_z = \begin{cases} \frac{h}{2} \to \binom{1}{0} \\ -\frac{h}{2} \to \binom{0}{1} \end{cases}$$

Kui me aga lahendame spinni omaväärtusülesande x-koordinaadi kaudu:

$$\hat{S}_x u = s_x u$$

siis see laheneb analoogselt eelnevaga järgmiselt:

$$\frac{h}{2}\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix} = s_x \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix}$$

ehk

$$\frac{h}{2}\begin{pmatrix} u_2 \\ u_1 \end{pmatrix} = s_x \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix} = \begin{cases} \frac{h}{2} u_2 = s_x u_1 \\ \frac{h}{2} u_1 = s_x u_2 \end{cases}$$

Kui $u_2 \neq 0$, siis saadud võrrandsüsteemis näeme, et u_1 võrdub:

$$u_1 = \frac{h}{2} u_2 \frac{1}{s_x}$$

Sellest tulenevalt saame matemaatiliselt teisendada järgmiselt:

$$\frac{h^2}{4}\frac{1}{s_x} u_2 = s_x u_2$$

$$\frac{h^2}{4} u_2 = {s_x}^2 u_2$$

$$\frac{h^2}{4} = {s_x}^2$$

$$s_x = \pm\frac{h}{2}$$

Kui $s_x = \frac{h}{2}$, siis seega $u_1 = u_2$. Sellest järeldub omakorda võrrandis:

$$\frac{h}{2}\begin{pmatrix} u_2 \\ u_1 \end{pmatrix} = s_x \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix}$$

oleva sulu väärtus:

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ u_1 \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} = u^+ = \varphi = \varphi_N^+$$

kuna normeerimistingimusest:

$$|u_1|^2 + |u_1|^2 = 1$$

saame

$$|u_1|^2 = \frac{1}{2}$$

ehk

$$u_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

Kui $s_x = -\frac{h}{2}$, siis saame analoogselt eelnevaga:

$$u^- = \varphi_N^- = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\-1\end{pmatrix}$$

Spinni omaväärtusülesande lahendid z-koordinaatide korral olid:

$$s_z = \frac{h}{2}; \quad u_z^+ = \begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix}$$
$$s_z = -\frac{h}{2}; \quad u_z^- = \begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}$$

ja x-koordinaatide korral:

$$s_x = \frac{h}{2}; \quad u_x^+ = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\1\end{pmatrix}$$
$$s_x = -\frac{h}{2}; \quad u_x^- = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\-1\end{pmatrix}$$

ning y-koordinaatide korral:

$$s_y = \frac{h}{2}; \quad u_y^+ = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\i\end{pmatrix}$$
$$s_y = -\frac{h}{2}; \quad u_y^- = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\-i\end{pmatrix}$$

See tähendab seda, et spinni x-suunaline komponent avaldub võrrandina:

$$u_x^+ = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\1\end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix} + \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}$$

ehk

$$\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\1\end{pmatrix} = \varphi_x^+ = c^+\varphi_z^+ + c^-\varphi_z^- = c^+\begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix} + c^-\begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}$$

milles c on mingi kordaja ja

$$\begin{pmatrix}1\\1\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}$$

Spinni x-suunalise komponendi võib avaldada ka z-koordinaadi järgi:

$$u_x^+ = \frac{1}{\sqrt{2}}u_z^+ + \frac{1}{\sqrt{2}}u_z^-$$

kuid spinni z-suunalise komponendi saab avaldada omakorda x-koordinaadi järgi:

$$u_z^+ = \frac{1}{\sqrt{2}}u_x^+ + \frac{1}{\sqrt{2}}u_x^-$$

See tähendab füüsikaliselt seda, et mõõdame ühe projektsiooni tõenäosust teise projektsiooni kaudu:

$$T_{\tilde{o}en}^+ = |c^+|^2 = \frac{1}{2}$$

ja

$$T_{\tilde{o}en}^{-} = |c^{-}|^2 = \frac{1}{2}$$

Tõenäosus avaldub ainult ruudus:

$$\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 = \frac{1}{2}$$

ja spinn ise ongi poolearvuline. Kui spinn võrdub 1-ga, siis kirjeldab seda kolmekomponendiga vektor.

Eespool tuletasime spinni x-suunalise positiivse komponendi võrrandi, mida on tegelikult võimalik avaldada ka järgmiselt:

$$\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1 & 1\\ 1 & -1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\alpha\\ \beta\end{pmatrix} = \frac{\alpha+\beta|0\rangle+\alpha-\beta|1\rangle}{\sqrt{2}}$$

ehk

$$\varphi_x^{+} = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\ 1\end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1 & 1\\ 1 & -1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}1\\ 0\end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}}\left[\begin{pmatrix}1\\ 0\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}0\\ 1\end{pmatrix}\right] = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle+|1\rangle) = \widehat{H}|0\rangle = H|0\rangle$$

ehk

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle+|1\rangle) = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle\oplus|0\rangle+|1\rangle\oplus|0\rangle)$$

ja

$$\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1 & 1\\ 1 & -1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}0\\ 1\end{pmatrix} = \frac{|0\rangle-|1\rangle}{\sqrt{2}} = \widehat{H}|1\rangle$$

milles „Hadamard`i transformatsiooniks“ nimetatakse:

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1 & 1\\ 1 & -1\end{pmatrix}$$

Sellest saame omakorda vähemalt kahe osakese spinni põimunud oleku kirjeldava üldise võrrandi:

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle+|1\rangle)(|0\rangle\oplus|0\rangle) =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle+|1\rangle)|0\rangle \overset{(C-NOT)gate}{\rightarrow} \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle+|11\rangle) = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle+\frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

ehk

$$|\beta_{00}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle+|11\rangle) = |\psi\rangle$$

ehk

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\\0\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}0\\0\\0\\1\end{bmatrix}\right) = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\\0\end{bmatrix}+\begin{bmatrix}1&0&0&0\\0&1&0&0\\0&0&0&1\\0&0&1&0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\1\\0\end{bmatrix}\right) = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\\0\end{bmatrix}+F|10\rangle\right)$$

milles F on „Control-NOT gate“:

$$F = \begin{bmatrix}1&0&0&0\\0&1&0&0\\0&0&0&1\\0&0&1&0\end{bmatrix}$$

kusjuures:

$$|00\rangle+|11\rangle \neq (|0\rangle+|1\rangle)\otimes(|0\rangle+|1\rangle)$$

ja

$$\begin{bmatrix}1 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 1\\ 0 & 0 & 1 & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}a\\ b\\ c\\ d\end{bmatrix} = a|00\rangle + b|01\rangle + d|10\rangle + c|11\rangle$$

Viimasest on võimalik saada või juba kirjeldabki kahe osakese vahelisi spinnide olekuid erinevate koordinaatide jaoks:

$$|\beta_{00}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle) \overset{NOT(X)gate}{\rightleftarrows} \frac{1}{\sqrt{2}}(|10\rangle + |01\rangle)$$

$$|\beta_{00}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle) \overset{(iY)gate}{\rightleftarrows} \frac{1}{\sqrt{2}}(|01\rangle - |10\rangle)$$

$$|\beta_{00}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle) \overset{(Z)gate}{\rightleftarrows} \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle - |11\rangle)$$

Viimaseid avaldisi võib tähistada järgmiselt:

$$|\beta_{01}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|01\rangle + |10\rangle)$$

$$|\beta_{10}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle - |11\rangle)$$

$$|\beta_{10}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|10\rangle - |01\rangle)$$

$$|\beta_{11}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|01\rangle - |10\rangle)$$

Osakeste põimunud olekuid kirjeldavas võrrandis:

$$H|0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$$

võib tähistada $|0\rangle\ ja\ |1\rangle$ asemel ka järgnevaid kombinatsioone:

$$|+\rangle\ ja\ |-\rangle$$

ja

$$|\uparrow\rangle\ ja\ |\downarrow\rangle$$

Viimane tähendab seda, et kas osakese spinn on suunatud üles või alla:

$$|0\rangle = |\uparrow\rangle = \begin{pmatrix}1\\ 0\end{pmatrix}$$

või

$$|1\rangle = |\downarrow\rangle = \begin{pmatrix}0\\ 1\end{pmatrix}$$

Kahe spinni korral kasutatakse seda „topelt“:

$$|\uparrow\downarrow\rangle = |\uparrow\rangle \otimes |\downarrow\rangle$$

ning seetõttu on sellel täpselt neli võimalikku „variatsiooni“:

$$|\uparrow\rangle\otimes|\uparrow\rangle, \qquad |\uparrow\rangle\otimes|\downarrow\rangle, \qquad |\downarrow\rangle\otimes|\uparrow\rangle, \qquad |\downarrow\rangle\otimes|\downarrow\rangle$$

kusjuures „triplet`iks“ nimetatakse:

$$\begin{cases} |11\rangle = |\uparrow\uparrow\rangle \\ |10\rangle = \dfrac{(|\downarrow\uparrow\rangle + |\uparrow\downarrow\rangle)}{\sqrt{2}} \rightarrow \dfrac{(|\uparrow\downarrow\rangle + |\downarrow\uparrow\rangle)}{\sqrt{2}} = \dfrac{(|+ +\rangle_x - |- -\rangle_x)}{\sqrt{2}} = \dfrac{(|+ +\rangle_y - |- -\rangle_y)}{i\sqrt{2}} = |\psi\rangle \\ |1-1\rangle = |\downarrow\downarrow\rangle \end{cases}$$

ja „singlet`iks“:

$$|00\rangle = \frac{(|\downarrow\uparrow\rangle - |\uparrow\downarrow\rangle)}{\sqrt{2}} \rightarrow \frac{(|\uparrow\downarrow\rangle - |\downarrow\uparrow\rangle)}{\sqrt{2}} = \frac{(|+ -\rangle_x - |- +\rangle_x)}{\sqrt{2}} = \frac{(|+ -\rangle_y - |- +\rangle_y)}{i\sqrt{2}} = |\psi\rangle$$

Need on „nelja-mõõtmelise vektorruumi baasvektorid“. Kvantmehaanikas tähistataksegi kahe osakese spinnide olekute põimumist võrrandina:

$$|\psi_E\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|\uparrow\rangle\otimes|\downarrow\rangle - |\downarrow\rangle\otimes|\uparrow\rangle)$$

kuid samas kirjeldatakse mittepõimunud olekuid järgmiselt:

$$|\psi_N\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|\uparrow\rangle\otimes|\uparrow\rangle + |\uparrow\rangle\otimes|\downarrow\rangle)$$

Mittepõimunud spinnide olekuid tähistatakse ka palju lihtsamalt:

$$|\uparrow\rangle|\downarrow\rangle = |\uparrow\downarrow\rangle$$

$$|\uparrow\rangle|\downarrow\rangle + |\downarrow\rangle|\downarrow\rangle = (|\uparrow\rangle + |\downarrow\rangle)|\downarrow\rangle$$

ja samas ka põimunud olekuid:

$$|\uparrow\rangle|\uparrow\rangle + |\downarrow\rangle|\downarrow\rangle$$

$$|\uparrow\rangle|\downarrow\rangle - |\downarrow\rangle|\uparrow\rangle$$

Lainefunktsioonidena avalduvad mittepõimunud olekud võrrandina:

$$\Psi = |\psi_1\rangle|\varphi_1\rangle$$

ja niisamuti ka põimunud olekud:

$$\Psi_P = |\psi_1\rangle|\varphi_1\rangle + |\psi_2\rangle|\varphi_2\rangle$$

Kuid eelnevalt esitatud võrrand:

$$|\beta_{00}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle)$$

on põhimõtteliselt osakeste kvantpõimumise põhivõrrand, kuna seda kasutatakse üsna sageli kvant-teleportatsiooni kirjeldamiseks. Kvantteleportatsiooni kirjeldatakse füüsikas enamasti järgmiste lainefunktsioonidega:

$$|\psi_0\rangle = |\psi\rangle|\beta_{00}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(\alpha|0\rangle(|00\rangle + |11\rangle) + \beta|1\rangle(|00\rangle + |11\rangle))$$

$$|\psi_1\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}[\alpha|0\rangle(|00\rangle + |11\rangle) + \beta|1\rangle(|10\rangle + |01\rangle)]$$

$$|\psi_2\rangle = \frac{1}{2}[\alpha(|0\rangle + (|1\rangle)(|00\rangle + |11\rangle) + \beta(|0\rangle - (|1\rangle)(|10\rangle + |01\rangle)]$$

$$|\psi_2\rangle = \frac{1}{2}[\ |00\rangle(\alpha|0\rangle) + |01\rangle(\alpha|1\rangle) + |10\rangle(\alpha|0\rangle) + |11\rangle(\alpha|1\rangle)) +$$

$$+|01\rangle(\beta|0\rangle) + |00\rangle(\beta|1\rangle) - |11\rangle(\beta|0\rangle) - |10\rangle(\beta|1\rangle)\ ] =$$

$$= \frac{1}{2}[\ |00\rangle(\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) + |01\rangle(\alpha|1\rangle + \beta|0\rangle) + |10\rangle(\alpha|0\rangle - \beta|1\rangle) + |11\rangle(\alpha|1\rangle - \beta|0\rangle)\ ]$$

Ühe osakese spinni olekut kirjeldab lainefunktsioon:

$$X|\psi_{01}\rangle = X\alpha|1\rangle + X\beta|0\rangle = \alpha X|1\rangle + \beta X|0\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle = |\psi_{00}\rangle = \binom{\alpha}{\beta}$$

kuna

$$X * \binom{\alpha}{\beta} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} * \binom{\alpha}{\beta} = \binom{\beta}{\alpha}$$

milles normeerimistingimus avaldub:

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1$$

Kui me aga lainefunktsiooni „transformeerime“ H-ga, siis saame tulemuseks:

$$H|\psi\rangle = H(\alpha|0\rangle + \beta|1\rangle) = \alpha(\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + (|1\rangle)) + \beta(\frac{1}{\sqrt{2}}\big(|0\rangle - (|1\rangle)\big) =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2}}[\alpha(|0\rangle + (|1\rangle) + \beta(|0\rangle - (|1\rangle)]$$

2.2.20.10.7 Kvantpõimumine kvantmehaanikas

Osakese käitumine aegruumis on tõenäosuslik ja sellest tulenevalt on osakesel lainelised omadused. Osakest kirjeldab tõenäosuslaine, mis „koosneb“ erinevate arvväärtustega leiutõenäosustest. Tõenäosuslaine amplituud määrab ära osakese maksimaalse leiutõenäosuse. Kvantmehaanika seaduste järgi võib osakeste tõenäosuslained olla omavahel seotud läbi kvantpõimumise. Matemaatiliselt kirjeldab osakest olekufunktsioon:

$$\psi(x, y, z, t)$$

milles koordinaadid on olekufunktsiooni argumendiks. Olekufunktsioon võib avalduda ka järgmiselt:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

milles c kordajad on võrdsed tõenäosusega. Tõenäosus ise avaldub ainult ruudus: $|c_1|^2$ ja $|c_2|^2$.

Mikroosakeste süsteemi olekufunktsioonis

$$\Psi(q_1, q_2) = \psi_1(q_1) * \psi_2(q_2)$$

on olemas näiteks kaks osakest: $\psi_1(q_1)\ ja\ \psi_2(q_2)$, kus q_1 ja q_2 on koordinaadid. Osake või kvantsüsteem võib olla kahes erinevas olekus, mida kirjeldavad vastavalt lainefunktsioonid $\psi_1^{(1)}$ ja $\psi_1^{(2)}$. Sellisel juhul võib osake olla ka olekutes, mida kirjeldatakse olekute $\psi_1^{(1)}$ ja $\psi_1^{(2)}$ lineaarse kombinatsioonina:

$$\Psi = c_1\,\psi_1^{(1)} + c_2\,\psi_1^{(2)}\,.$$

Kui aga $\psi_1^{(1)}$ ja $\psi_1^{(2)}$ ei ole ortogonaalsed, siis saab neist moodustada 2 lineaarset kombinatsiooni, mis on omavahel ortogonaalsed:

$$Ĺ\,\Psi = c_1\,Ĺ\,\psi_1^{(1)} + c_2\,Ĺ\,\psi_1^{(2)} = c_1\,\lambda_1\,\psi_1^{(1)} + c_2\,\lambda_1\,\psi_1^{(2)} = \lambda_1\,\Psi.$$

Koefitsentide c_1 ja c_2 mooduli ruudud

$$|c_1|^2\ ja\ |c_2|^2$$

annavad vastavate olekute esinemise tõenäosused. Seda nimetatakse superpositsiooniprintsiibiks. Superpositsiooniprintsiibi korral liituvad osakeste olekufunktsioonid, mitte tõenäosused:

$$\psi^*\psi = (c_1{}^*\psi_1{}^* + c_2{}^*\psi_2{}^*)(c_1\psi_1 + c_2\psi_2) = |c_1|^2|\psi_1|^2 + |c_2|^2|\psi_2|^2 + c_1{}^*c_2\psi_1{}^*\psi_2 + c_2{}^*c_1\psi_2{}^*c_1$$

milles olev avaldis

$$c_1{}^*c_2\psi_1{}^*\psi_2 + c_2{}^*c_1\psi_2{}^*c_1$$

on inteferents liikmed. Kaaskompleks on imaginaararvu vastas märk.

Superpositsiooniprintsiibi järelmiks on osakeste põimunud olekud, kui tegemist on enam kui ühe osakesega. Omavahel ühenduses olnud kaks footonit (näiteks on need kiiratud üheskoos välja mõnest aatomist) jäävad ühendusse ka mistahes suure vahemaa korral. See tähendab ka seda, et samas protsessis tekkivate osakeste vahel kehtivad jäävusseadused. Põimunud olekud on superpositsiooniprintsiibi järelm, kui tegemist on enam kui ühe osakesega. Superpositisiooni-printsiibi järgi viibib footon mitmes olekus ühe korraga. Teaduskeeles öelduna seisneb superpositsiooniprintsiip üksteist välistavate ehk ortogonaalsete olekute kooseksistensis.

„Ortogonaalsus“ tähendab „risti olema“. Risti on ainult siis, kui skalaarkorrutis on null.

Superpositsiooniprintsiibi korral liituvad osakeste olekufunktsioonid, mitte tõenäosused. Kvant-põimumise korral on mõlemad osakesed enne mõõtmist tundmatus olekus. Ühe osakese mõõtmine annab infot ka teise osakese kohta. See tähendab seda, et ühe osakese mõõtmise tulemus mõjutab teist osakest silmapilkselt, mis ei sõltu osakeste vahekaugusest. Põimunud olekud taanduvad mõõtmisel klassikalisteks olekuteks.

Kvantpõimituse korral (mida mõnikord nimetatakse ka kvantteleportatsiooniks) ei teleportreeru osake otseselt ühest ruumipunktist või ajahetkest teise, vaid ühe osakese mõõtmise tulemus mõjutab teist osakest silmapilkselt, mis ei sõltu osakeste vahekaugusest. Seetõttu on kvantpõimitus teleportatsiooni eriliik (s.t. erijuht) nii nagu oli näiteks aja dilatatsioon erijuht rändamaks ajas tulevikku kui selle asemel saaks kasutada aegruumi tunnelit, mis võimaldaks teleportreeruda.

Kvantpõimitus näitab väga selgelt kvantmehaanika tulenemist osakeste teleportreerumistest aegruumis nii nagu seda näitab ka osakeste läbimine barjäärist teatud tõenäosuse olemasolu korral.

Kuna ei ole võimalik täpselt ette teada seda, et millisesse ruumipunkti ja millisesse ajahetke osake jõuda võib, siis seetõttu arvutatakse välja tõenäosused iga võimaliku ruumipunkti ja ajahetke kohta, kuhu osake jõuda võib. Kõik need tõenäosused on nullist erinevad ja summeerides kõik need tõenäosused, saame tulemuseks:

$$P = 100\ \%$$

Osakese tõenäosusjaotust ajas ja ruumis mõjutavad teised füüsilised kehad, nagu näiteks pilu, millest osake võib läbi minna. Seda tõenäosusjaotust ajas ja ruumis võib ettekujutada kui vee lainena, millel on lainelised omadused. Seetõttu võib öelda, et tegemist on osakese tõenäosus-lainega, mis levib ajas ja ruumis ning mille lainepikkus λ võrdubki:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

See, mis juhtub vee lainega pilu läbimisel, juhtub sama ka osakese tõenäosuslainega, kui see läbib pilu. Tulemuseks on osakese laineline käitumine.

Osakese ajas ja ruumis levivat tõenäosuslainet (või lihtsalt osakese füüsikalist olekut) kirjeldab-ki matemaatiliselt lainefunktsioon:

$$\psi = \psi(x, y, z, t)$$

ja selle lainefunktsiooni mooduli ruut

$$|\psi|^2 = \psi^* \psi$$

annabki tõenäosustiheduse osakese asukoha leidmiseks ajahetkel t (ψ^* on ψ kaaskompleks). Sellest tulenevalt saame leida osakese asukoha tõenäosuse dW ruumielemendis dV:

$$dW = |\psi|^2 dV$$

See tähendab seda, et lainefunktsiooni absoluutväärtuse ruut on võrdeline tõenäosusega leida osakest vastavas ruumipunktis ja vastaval ajahetkel. Kuid osakese lainefunktsioon võib avalduda ka järgmiselt:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

milles c kordajad on võrdsed tõenäosusega. Tõenäosus ise avaldub ainult ruudus: $|c_1|^2$ ja $|c_2|^2$. Viimane võrrand kirjeldab tegelikult ka osakeste kvantpõimumist, mille korral liituvad osakeste olekufunktsioonid, mitte tõenäosused. Näiteks ühe osakese spinni olekut kirjeldab lainefunktsioon:

$$|\psi\rangle = c_1|0\rangle + c_2|1\rangle$$

ehk

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$$

kuid samas kahe osakese olekut:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle + |11\rangle) = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Nüüd on selgesti näha seda, et kahe osakese spinni olekut kirjeldab ÜKS lainefunktsioon:

$$|\psi\rangle = c_1|00\rangle + c_2|11\rangle$$

ja lainefunktsioon ise tulenes osakese lakkamatust teleportreerumisest ajas ja ruumis.

Omavahel ühenduses olnud kaks footonit, mis on kiiratud üheskoos välja mõnest aatomist,

jäävad „ühendusse“ ka mistahes suure vahemaa korral. Mõlemad osakesed on enne mõõtmist tundmatus olekus. Ühe osakese mõõtmine annab infot ka teise osakese kohta. See tähendab seda, et ühe osakese mõõtmise tulemus mõjutab teist osakest silmapilkselt (ehk kõigest 0 sekundiga), mis ei sõltu osakeste vahekaugusest. Sellised olekud taanduvad mõõtmisel klassikalisteks olekuteks.

Kvantpõimumise korral (mida mõnikord nimetatakse ka kvantteleportatsiooniks) ei teleportreeru osake otseselt ühest ruumipunktist või ajahetkest teise, vaid ühe osakese mõõtmise tulemus mõjutab teist osakest silmapilkselt ehk 0 sekundiga, mis ei sõltu osakeste vahekaugusest. Kuid see võib vihjata sellele, et kvantpõimumine ise tuleneb osakeste teleportreerumistest ajas ja ruumis täpselt nii nagu osakeste läbimine barjäärist teatud tõenäosuse olemasolu korral.

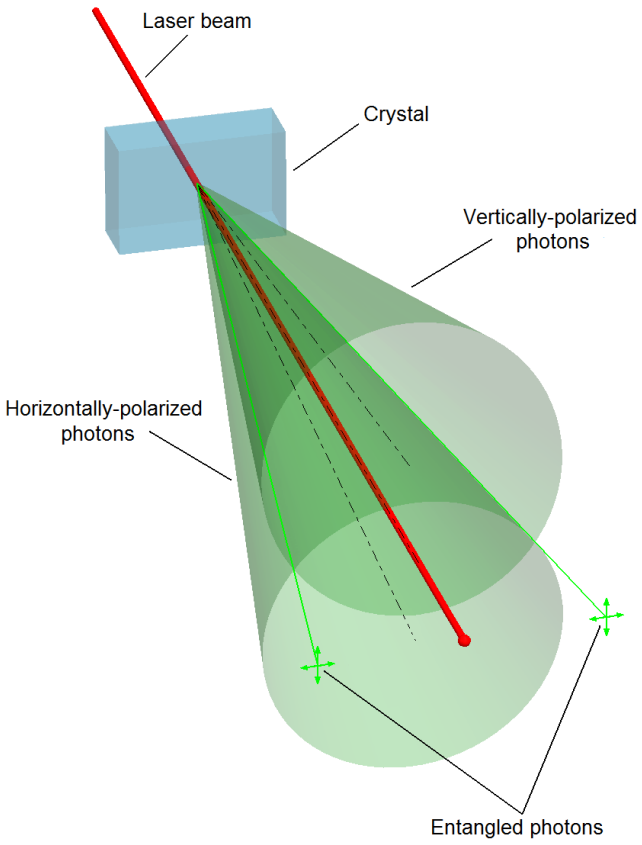


Foto allikas: https://en.wikipedia.org/wiki/Quantum_entanglement#/media/File:SPDC_figure.png

Joonis 1 Osakeste vahel esineb kvantpõimumine ainult siis, kui need osakesed on tekkinud ühes ja samas protsessis.

Osakeste vahel esineb kvantpõimumine ainult siis, kui need osakesed on tekkinud ühes ja samas protsessis (näiteks footonid võivad olla kiiratud üheskoos välja mõnest aatomist). Sellisel juhul kirjeldab üks lainefunktsioon

$$\psi = \psi(x, y, z, t) = \psi(\vec{r}, t)$$

korraga kahte lainefunktsiooni

$$\psi(\vec{r}, t) = c_1\psi_1(\vec{r}, t) + c_2\psi_2(\vec{r}, t)$$

mistõttu peaksid need jääma omavahel „teleportatsiooniliselt seotuks“. See seisneb selles, et näiteks ühe osakese mõõtmise tulemus mõjutab teist osakest kõigest 0 sekundiga:

$$|\psi\rangle = c_1|00\rangle + c_2|11\rangle$$

ja see ei sõltu osakeste vahekaugusest, kuna teleportatsioon väljendub füüsikaliselt lõpmata suure kiirusena:

$$v = \infty$$

Sellisel juhul mõjutab näiteks ühe osakese mingisuguse oleku või füüsikalise suuruse muutus teist osakest kõigest 0 sekundiga ja see ei sõltu osakeste vahekaugusest, kuna teleportatsioon väljendub füüsikaliselt lõpmata suure kiirusena. Näiteks ühe osakese massi, kvandienergia või lainepikkuse muutuse tõttu muutub silmapilkselt ka teise osakese mass, kvandienergia või lainepikkus ja seda mistahes vahemaa korral.

Kuid lainefunktsiooni matemaatilise analüüsi tulemusena võib väita, et ainult spinni oleku mõõtmise tulemus mõjutab teise osakese spinni olekut kõigest 0 sekundiga, mis ei sõltu osakeste vahekaugusest. See tähendab seda, et osakeste kvantpõimumine esineb ainult osakeste spinnide olekute vahel.

Kuna osakeste kvantpõimumine esineb ainult osakeste spinnide olekute vahel, mis on omakorda seotud osakeste omamagnetmomendiga ehk osakeste magnetväljaga (mitte osakeste massi, kvandienergia või lainepikkustega), siis kvantpõimumine võib põhimõtteliselt esineda ka erinevate liikide osakeste vahel, näiteks elektroni ja footoni vahel.

Kuna hyperruumis võrdus aegruumi intervall nulliga (s.t. aja ja ruumi eksisteerimise lakkamine):

$$ds^2 = -c^2t^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2 = 0$$

siis seega pidi ka Laplace'i operaator võrduma nulliga:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{d^2\psi}{dy^2} + \frac{d^2\psi}{dz^2} = 0$$

mis esines kvantmehaanika põhivõrrandis ehk Schrödingeri lainevõrrandis:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{d^2\psi}{dy^2} + \frac{d^2\psi}{dz^2} + \frac{2m}{h^2}E\psi = 0$$

See võimaldas meil tuletada lainefunktsioonide lineaarse kombinatsiooni võrrandi:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

millest omakorda saime osakeste kvantpõimumist kirjeldava avaldise:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

See tähendab seda, et osakeste kvantpõimumist põhjustab aja ja ruumi eksisteerimise lakkamine hyperruumi dimensioonis. Osakeste kvantpõimumine väljendub selles, et ühe osakese spinni mõõtmine mõjutab teise osakese spinni kõigest 0 sekundiga ja seda mistahes ruumilise vahemaa korral. Näiteks kahe osakese korral võib teine osake eksisteerida lausa teises galaktikas miljardite valgusaastate kaugusel.

Eelneva matemaatika mõistmiseks on vaja tõestada eespool esitatud kommutatsiooniseose kehtivus:

$$\left[\hat{L}_x, \hat{L}_y\right] = ih\hat{L}_z$$

Selleks arvutatakse eraldi $\hat{L}_x\hat{L}_y f$ ja $\hat{L}_y\hat{L}_x f$, milles $f(x.y.z)$ on suvaline diferentseeruv kolme muutujaga funktsioon. Kasutades operaatorite kuju, saame arvutada järgmiselt:

$$\hat{L}_x\hat{L}_y f = -h^2\left(y\frac{\partial}{\partial z} - z\frac{\partial}{\partial y}\right)\left(z\frac{\partial f}{\partial x} - x\frac{\partial f}{\partial z}\right) =$$

$$= -h^2\left(y\frac{\partial f}{\partial x} + yz\frac{\partial^2 f}{\partial z\partial x} - xy\frac{\partial^2 f}{\partial z^2} - z^2\frac{\partial^2 f}{\partial y\partial x} + zx\frac{\partial^2 f}{\partial y\partial z}\right)$$

$$\hat{L}_y\hat{L}_x f = -h^2\left(z\frac{\partial}{\partial x} - x\frac{\partial}{\partial z}\right)\left(y\frac{\partial f}{\partial z} - z\frac{\partial f}{\partial y}\right) =$$

$$= -h^2\left(zy\frac{\partial^2 f}{\partial x\partial z} - z^2\frac{\partial^2 f}{\partial x\partial y} - xy\frac{\partial^2 f}{\partial z^2} + x\frac{\partial f}{\partial y} + xz\frac{\partial^2 f}{\partial z\partial y}\right)$$

Edasiseks analüüsiks teeme lahutuse, milles taanduvad teist järku tuletised välja. Tulemuseks saame:

$$\left(\hat{L}_x\hat{L}_y - \hat{L}_y\hat{L}_x\right)f = -h^2\left(y\frac{\partial f}{\partial x} - x\frac{\partial f}{\partial y}\right) =$$

$$= ih(-ih)\left(x\frac{\partial}{\partial y} - y\frac{\partial}{\partial x}\right)f \equiv ih\hat{L}_z f$$

Selline tulemus tõestabki kommutatsiooniseose kehtivust. Ülejäänud seosed saadakse vastavate indeksite tsüklilise ümberpaigutamisega.

Sarnaselt eelnevaga tõestame järgmise kommutatsiooniseose:

$$\left[\hat{\vec{L}}^2, \hat{L}_z\right] = 0$$

Ülejäänud kahe tõestus on üsna sarnane. Arvestame $\hat{\vec{L}}^2$ üldisest avaldisest ja kasutame impulsimomendi projektsioonide vahelisi kommutatsiooniseoseid. Võime võtta aluseks sellise seose:

$$\left[\hat{\vec{L}}^2, \hat{L}_z\right] = \left[\hat{L}^2{}_x + \hat{L}^2{}_y + \hat{L}^2{}_z, \hat{L}_z\right] =$$

$$= \left[\hat{L}^2{}_x + \hat{L}^2{}_y, \hat{L}_z\right] = \left[\hat{L}^2{}_x, \hat{L}_z\right] + \left[\hat{L}^2{}_y, \hat{L}_z\right]$$

Tuletame meelde, et iga operaator kommuteerub alati iseendaga, niisamuti ka iseenda ruuduga. Järgnevalt teostame sellise arvutuse:

$$\left[\hat{L}^2{}_x, \hat{L}_z\right] = \hat{L}^2{}_x\hat{L}_z - \hat{L}_z\hat{L}^2{}_x$$

Teades seda, et

$$\hat{L}_x\hat{L}_z = \hat{L}_z\hat{L}_x - ih\hat{L}_y$$

Tulemuseks saame:

$$\left[\hat{L}^2{}_x, \hat{L}_z\right] = \hat{L}^2{}_x\hat{L}_z - \hat{L}_z\hat{L}^2{}_x = \hat{L}_x\hat{L}_z\hat{L}_x - ih\hat{L}_x\hat{L}_y - \hat{L}_z\hat{L}^2{}_x =$$

$$= -ih\hat{L}_y\hat{L}_x - ih\hat{L}_x\hat{L}_y$$

Viimases on näha seda, et projektsiooni ruuduga liikmed taandusid välja. Sarnaselt eelnevaga saame arvutada:

$$\left[\hat{L}^2{}_y, \hat{L}_z\right] = \hat{L}^2{}_y\hat{L}_z - \hat{L}_z\hat{L}^2{}_y$$

kui me kasutame seost:

$$\hat{L}_y\hat{L}_z = \hat{L}_z\hat{L}_y + ih\hat{L}_x$$

Sellisel juhul saame tulemuseks:

$$\left[\hat{L}^2{}_y, \hat{L}_z\right] = \hat{L}^2{}_y\hat{L}_z - \hat{L}_z\hat{L}^2{}_y = ih\hat{L}_y\hat{L}_x + ih\hat{L}_x\hat{L}_y$$

Selline tulemus on eelmisega vastasmärgiline, mis tähendab seda, et võime kirjutada:

$$\left[\hat{\vec{L}}^2, \hat{L}_z\right] = 0$$

Järgnevalt näitame seda, et kuidas esitub $\hat{L}_z$ omaväärtusülesanne. Impulsimomendi omaväärtusülesannet lahendame sfäärilistes koordinaatides:

$$x = rsin\theta cos\varphi$$

$$y = rsin\theta sin\varphi$$

$$z = rcos\theta$$

Seda sellepärast, et impulsimoment on seotud enamasti ruumi isotroopsusega ja me arvestame ka ruumi suunaga. Impulsimomendi ruudu ja z-telje sihilise projektsiooni operaatori kuju on aga järgmine:

$$\hat{\vec{L}}^2 = -h^2\left[\frac{1}{sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(sin\theta\frac{\partial}{\partial\theta}\right) + \frac{1}{sin^2\theta}\frac{\partial^2}{\partial\varphi^2}\right]$$

$$\hat{L}_z = -ih\frac{\partial}{\partial\varphi}$$

Antud juhul sõltuvad kerafunktsioonid ainult nurkadest θ ja φ:

$$Y_{lm} = Y_{lm}(\theta, \varphi)$$

Järgnevalt näitame operaatori $\hat{L}_z$ omaväärtusülesande lahendust. See näitab L_z diskreetsuse tulenemist. Omaväärtusülesanne annab meile diferentsiaalvõrrandi:

$$-ih\frac{\partial Y}{\partial\varphi} = L_z Y$$

mille integreerimisel saame:

$$Y(\varphi) = Ae^{\frac{iL_z\varphi}{h}}$$

Viimases on A mingi konstant. Kuna saadud lahend peab olema ühene, siis selleks peab kehtima võrdus:

$$Y(\varphi) = Y(\varphi + 2\pi)$$

See annab meile eespool saadud Y(φ) kuju, kasutades tingimuse:

$$e^{\frac{iL_z 2\pi}{h}} = 1$$

Sellest tulenebki L_z diskreetsus:

$$L_z = hm$$

milles

$$m = 0, \pm 1, \pm 2, ...$$

Eelnev analüüs näitab seda, et $\hat{L}_z$ omaväärtusülesande lahendamine annab kerafunktsioonide Y_{lm} sõltuvuse nurgast φ, $\hat{\vec{L}}^2$ omaväärtusülesande lahendamine aga nende üldkuju, millele lisandub sõltuvus nurgast θ.

Kui $l = 0$, siis $m = 0$. Sellisel juhul on kerafunktsiooni avaldiseks:

$$Y_{00} = \frac{1}{2\sqrt{\pi}}$$

Kui aga $l = 1$, siis $m = +1,0,-1$. See annab meile kolm kerafunktsiooni:

$$Y_{11} = -\sqrt{\frac{3}{8\pi}} sin\theta e^{i\varphi}$$

$$Y_{10} = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} cos\theta$$

$$Y_{1-1} = \sqrt{\frac{3}{8\pi}} sin\theta e^{-i\varphi}$$

Kerafunktsioone kujutatakse enamasti ka graafiliselt. Näiteks iga θ ja φ väärtuse korral kujutab funktsiooni Y(θ,φ) punkt, mille kaugus koordinaatide alguspunktist on võrdne funktsiooni Y(θ,φ) enda väärtusega. l = 0 korral kujutaks funktsiooni Y_{00} kerapind raadiusega $\frac{1}{2\sqrt{\pi}}$. $l = 1$ korral on Y_{11} ja Y_{1-1} kompleksarvulised. Seetõttu avalduvad nende reaalarvulised lineaarkombinatsioonid järgmiselt:

$$Y_x = \frac{1}{\sqrt{2}}(Y_{1-1} - Y_{11}) = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} sin\theta cos\varphi$$

$$Y_y = \frac{i}{\sqrt{2}}(Y_{1-1} + Y_{11}) = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} sin\theta sin\varphi$$

Tsentraalsümmeetrilises väljas on elektroni olekud seotud kerafunktsioonidega. See aga näitab ka seda, et laengujaotuse sõltuvus nurkadest θ ja φ on määratud samuti kerafunktsioonidega. Täpsemalt, laengujaotus on määratud kerafunktsiooni mooduli ruuduga:

$$-|Y_{lm}|^2$$

kuna laengujaotus on seotud tõenäosusega. Näiteks l = 0 korral on laengujaotus kerasümmeetriline, kuna avaldis:

$$|Y_{00}|^2 = \frac{1}{4\pi}$$

ei sõltu suunast. Teistes olekutes on suunast sõltuv laengujaotus keerulisem.

Elektroni spinni väärtus on suhteliselt lihtsasti leitav. Näiteks impulssmomendi projektsiooni omafunktsioonide uurimisel saime eespool tulemuseks:

$$Y(\varphi) = Ae^{im\varphi}$$

mis rahuldasid pidevuse tingimust:

$$Y(\varphi) = Y(\varphi + 2\pi)$$

Elektroni spinni projektsioone kirjeldab järgmine võrrand:

$$Y_s(\varphi) = Ae^{i\sigma\varphi}$$

Kui me arvestame sellega, et:

$$\sigma = \frac{1}{2}$$

siis saaksime:

$$Y_s(\varphi + 2\pi) = Ae^{\frac{i\varphi}{2} + i\pi} = -Y_s(\varphi)$$

Viimasest on näha seda, et pidevuse tingimus ei ole täidetud, kuna funktsioon vahetab märki. Lainefunktsioon annab tõenäosusamplituudi ja tõenäosus ise on seotud lainefunktsiooni mooduli ruuduga. Seetõttu võime kirjutada:

$$Y_s(\varphi) = -Y_s(\varphi)$$

ehk need olekud on füüsikaliselt samaväärsed, kuna funktsioonid erinevad ainult märgi poolest ja tõenäosus on seotud mooduli ruuduga.

2.2.20.10.9 Kvantpõimumine toimub hyperruumis

Kuna hyperruumis võrdus aegruumi intervall nulliga (s.t. aja ja ruumi eksisteerimise lakkamine):

$$ds^2 = -c^2t^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2 = 0$$

siis seega pidi ka Laplace'i operaator võrduma nulliga:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{d^2\psi}{dy^2} + \frac{d^2\psi}{dz^2} = 0$$

mis esines kvantmehaanika põhivõrrandis ehk Schrödingeri lainevõrrandis:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{d^2\psi}{dy^2} + \frac{d^2\psi}{dz^2} + \frac{2m}{h^2}E\psi = 0$$

See võimaldas meil tuletada lainefunktsioonide lineaarse kombinatsiooni võrrandi:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

millest omakorda saime osakeste kvantpõimumist kirjeldava avaldise:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

See tähendab seda, et osakeste kvantpõimumist põhjustab aja ja ruumi eksisteerimise lakkamine hyperruumi dimensioonis.

Ajas rändamise teooria tõlgenduse järgi eksisteerivad näiteks footonid „väljaspool“ aegruumi, sest liikudes vaakumis kiirusega c on aeg aeglenenud lõpmatuseni

$$t` = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t}{\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}}} = \infty$$

ja ruumi pikkus lühenenud samuti lõpmatuseni

$$l = l_0\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = l_0\sqrt{1-\frac{c^2}{c^2}} = 0$$

(ehk aega ja ruumi enam ei eksisteeri).

Valguse osakesed footonid liiguvad vaakumis kiirusega c, mille korral on aeg ja ruum teisenenud lõpmatuseni. De Broglie lainepikkuse valemi tuletasime puhtalt relatiivsusteooria võrranditest ja relatiivsusteooria füüsikalisest formalismist. Sellest tulenevalt võib järeldada, et kui valguse osakest footonit (mis liigub vaakumis kiirusega c) on võimalik käsitleda lainena, siis järelikult võib ka kõiki ülejäänud osakesi vaadelda kui lainena. See tähendab seda, et peale footonite peavad olema ka kõikidel teistel osakestel lainelised omadused.

Väite põhjendus seisneb selles, et kuna Universum paisub ajas tegelikult valguse kiirusega, siis seetõttu on kõikidel kehadel Universumis kineetiline energia, mis antud juhul avaldubki seisuenergia valemina:

$$E = mc^2$$

Footonil endal ei ole seisumassi ja seega seisuenergiat, kuid selle valemi avaldisega saab välja arvutada footoni massi, lainepikkuse ja sageduse. Kuna seisuenergia võrrandist tuletasime osakese lainet kirjeldavad avaldised, siis seega peale footonite peavad olema ka kõikidel teistel osakestel lainelised omadused.

See tähendab seda, et energia $E = mc^2$ on oma olemuselt keha „kineetiline energia aja suhtes“. Kõik kehad ju liiguvad hyperruumi K´ suhtes, sest tavaruum K liigub hyperruumi K´ suhtes kiirusega c. Järelikult kõikidel kehadel on kineetiline energia ja seega ka mass. Niimoodi võib energia $E = mc^2$ olla kineetiline energia „liikuva hyperruumi suhtes“ ehk $E = mc^2$ on keha aja suhtes eksisteeriv energia.

Absoluutselt kõik kehad Universumis liiguvad tegelikult valguse kiirusega c, kuid sellest on pikem matemaatiline analüüs

$$v´ = c\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$$

esitatud ajas rändamise füüsikateooria relatiivsusteooria osas ja seetõttu ei hakka me seda siin enam

pikemalt käsitlema.

2.2.20.11 Väljade liitumised

Eespool me tuletasime sellise avaldise:

$$0 = E + E$$

ehk

$$0 = E_1 + E_2$$

milles olevaid energia olekuid võivad kirjeldada lainefunktsioonid:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

Osakeste kvantpõimumise korral liituvad osakeste olekufunktsioonid, mitte tõenäosused. Näiteks kahe erineva osakese spinni olekut kirjeldab üks lainefunktsioon:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Spinn on osakese omaimpulsimoment, millega on seotud vastav magnetmoment. See tähendab seda, et näiteks aatomituuma ümber tiirleva elektroni magnetmomendi ja impulsimomendi vahel esineb kindel seos. Elektroni spinn $\vec{s}$ ja impulsimoment on ühesuguste matemaatiliste omadustega.

Kuna elektrivälja energia E

$$E = \frac{q\varphi}{2}$$

ja eespool tuletatud seisuenergia E

$$E = -\frac{mc^2}{2} = mc^2 = hf$$

valemite omavahelisest võrdusest:

$$-\frac{mc^2}{2} = \frac{q\varphi}{2}$$

sai põhimõtteliselt „tuletada“ elektroni (oma)magnetmomendi avaldise, mis on seotud omakorda omaimpulsimomendiga ja seeläbi osakese spinniga, siis seega eespool tuletatud avaldises

$$0 = E_1 + E_2$$

olevate energia olekute asemel võivad omavahel liituda spinne kirjeldavad olekufunktsioonid:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

mitte enam energia olekuid kirjeldavad lainefunktsioonid:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

Kvantpõimumise korral liituvad omavahel osakeste olekufunktsioonid, mitte tõenäosused.

Sellise lainefunktsiooni matemaatilise analüüsi tulemusena võib väita, et ainult spinni oleku mõõtmise tulemus mõjutab teise osakese spinni olekut kõigest 0 sekundiga, mis ei sõltu osakeste vahekaugusest. See tähendab seda, et osakeste kvantpõimumine esineb ainult osakeste spinnide olekute vahel.

Eelnevalt on toodud näiteid ja arvutusi just elektroniga, kuid spinnid esinevad ka kõikidel teistel elementaarosakestel, sealhulgas ka footonitel ehk valguse osakestel.

Kuna footonid saavad omavahel kvantpõimuda ja samas on footonid ka valguse osakesed (elektromagnetlained), siis seega võib põhimõtteliselt mõista ka nii, et elektromagnetlained omavahel kvantpõimuvad. Elektromagnetlaine ja footon on ühe ja sama nähtuse kaks erinevat külge, sarnaselt nii nagu ühel ja samal mündil on kaks erinevat külge.

Kvantmehaanika järgi saab mistahes elektromagnetlainet käsitleda osakesena, millel on olemas mass ja energia:

$$E = mc^2$$

De Broglie poolt esitatud hüpoteesi järgi on igal osakesel olemas lainelised omadused. Footoni korral ühtib selle lainepikkus λ:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

elektromagnetlaine pikkusega. Ehkki valguse osakese footoni seisuenergia ja seisumass võrduvad tegelikult nulliga:

$$E = mc^2 = 0$$

saab sellegipoolest selle valemi kaudu:

$$E = mc^2 = hf$$

välja arvutada footoni massi näiteks rohelisele valgusele vastava sageduse korral:

$$m = \frac{hf}{c^2} = \frac{6{,}6 * 10^{-34} Js * 6 * 10^{14} \frac{1}{s}}{(3 * 10^8)^2 \left(\frac{m}{s}\right)^2} = 4{,}4 * 10^{-36} kg$$

Sellisel juhul on tegemist footoni massiga, mitte tema seisumassiga.

Kuid eespool tuletatud võrrandis:

$$0 = E_1 + E_2$$

on selgelt näha energiate liitumist:

$$E = E_1 + E_2$$

See sarnaneb väga elektriväljas kehtiva superpositsiooniprintsiibiga, mis vihjab sellele, et me võime selle printsiibi põhimõtet kasutada antud juhul ka elektromagnetlainete korral.

Klassikalises füüsikas tähendab superpositsioon seda, et näiteks saame kahe samas faasis oleva laine liitumisel laine, kus amplituudid liituvad. Kuid kvantmehaanikas tähendab superpositsioon seda, et näiteks energia mõõtmisel saame teatud tõenäosusega tulemuseks E_1 ja teatud tõenäosusega tulemuseks E_2.

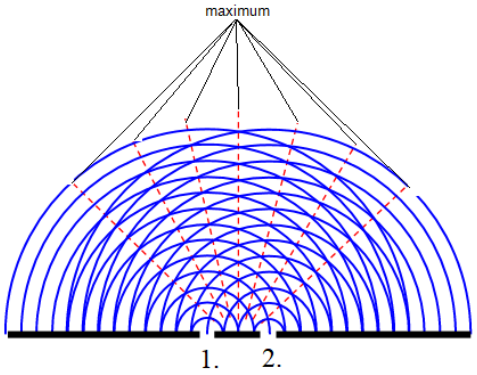
Valguslainete liitumise korral liituvad mingil ajahetkel lainete elektrivektorid. Pärast

hetkelist liitumist levivad lained edasi nii, nagu poleks midagi juhtunud. Seetõttu läbivadki valgusvihud üksteist mõjustamata. Sellist nähtust nimetatakse superpositsiooniks ja selle kirjeldust superpositsiooni printsiibiks. Näiteks kui liituvad lained tugevdavad üksteist, siis liitlaine amplituud on võrdne liituvate lainete amplituutide summaga. See ongi kirjeldatav ka valguslaine elektrivälja vektorite abil:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 2\vec{E}_1$$

Elektrivektorid ehk elektrivälja vektorid on elektrivälja tugevuse vektorid $\vec{E}$, mis kirjeldavad valguslaine elektrivälja.

Lainete liitumine avaldub interferentsi nähtusena. Näiteks kui visata veega täidetud tiiki korraga kaks kivi, siis kivide kukkumiskohtadest levima hakanud ringlained liituvad. Selle tulemusena mõnedes kohtades lained tugevdavad üksteist, teistes kohtades nõrgendavad. Kahe laine liitumist, mille tulemusena erinevais ruumipunktides võnkumised tugevdavad või nõrgendavad üksteist, nimetataksegi interferentsiks. Joonis:



Valguse interferentsiks nimetatakse valguslainete liitumist, mille tulemusena valguse intensiivsus mingis ruumipunktis suureneb või väheneb. Valguse intensiivsus näitab, kui palju energiat kannab valguslaine ajaühikus läbi pinnaühiku. Interfereeruvad lained tugevdavad üksteist maksimaalselt, kui käiguvahe on võrdne paarisarv poollainepikkusega. Lained nõrgendavad üksteist maksimaalselt kui käiguvahe on võrdne paaritu arvu poollainepikkusega. Käiguvahe on teepikkuste erinevus (vahe), mis tuleb lainetel läbida liitumispunkti jõudmiseks.

Niisamuti ka elektriväljas kehtib superpositsiooniprintsiip ehk liitumise põhimõte, mille järgi võrdub laengute süsteemi väljatugevus üksikutest laengutest põhjustatud väljatugevuste vektoriaalse summaga:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

ehk

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \cdots + \vec{E}_n$$

Ülitugevates väljades võib printsiip mitte kehtida. Punktlaengu Q väljatugevus on võrdeline laengu suurusega ning pöördvõrdeline vahekauguse r ruuduga:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}\frac{\vec{r}}{r}$$

Elektrivälja tugevus esineb ka elektrivälja energia avaldises:

$$W = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E^2}{2} V = \frac{q\varphi}{2}$$

Sarnaselt superpositsiooniprintsiibile saab näiteks kahest laengust koosneva süsteemi energiat kirjeldada samuti summaga:

$$W = \frac{1}{2}(q_1\varphi_1 + q_2\varphi_2)$$

ehk

$$W = \frac{q_1\varphi_1}{2} + \frac{q_2\varphi_2}{2}$$

Sellisel juhul liituvad väljade energiad $W = W_1 + W_2$, koos sellega ka E-vektorid ehk väljade tugevused $E = E_1 + E_2$.

Eelnevalt on toodud näiteid ja valemeid just elektrilaengu korral, kuid elektrilaengute poolt tekitatud elektriväljas kehtiva superpositsiooniprintsiibi põhimõtet võime kasutada antud juhul ka elektromagnetlainete korral. Seda sellepärast, et eespool tuletatud võrrandis:

$$0 = E_1 + E_2$$

on selgelt näha energiate liitumist:

$$E = E_1 + E_2$$

milles olevate energia olekute asemel võisid omavahel liituda footoni spinne kirjeldavad olekufunktsioonid:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

mitte enam energia olekuid kirjeldavad lainefunktsioonid:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

Kuna elektromagnetlaine ja footon on ühe ja sama nähtuse kaks erinevat külge, sarnaselt nii nagu ühel ja samal mündil on kaks erinevat külge, siis seega võib põhimõtteliselt mõista ka nii, et elektromagnetlained omavahel kvantpõimuvad või esineb lainete vahel väljade „liitumine“.

Elektrilaengu poolt tekitatud elektromagnetvälja kirjeldava skalaarpotentsiaali võrrand on tuletatud tuntud Maxwelli valemitest:

$$\Delta\vec{A} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\vec{A}}{\partial t^2} = -\frac{4\pi}{c}\vec{j}$$

ja niisamuti ka vektorpotentsiaal

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = -4\pi\rho.$$

Nendest avaldistest saadakse järgmised potentsiaalide võrrandid elektromagnetlaine juhule:

$$\Delta\vec{A} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\vec{A}}{\partial t^2} = 0, \quad \Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = 0, \quad div\vec{A} + \frac{1}{c}\frac{\partial\varphi}{\partial t} = 0\,,$$

milles elektromagnetvälja vektorpotentsiaal on $\vec{A}$, $\vec{H} = rot\vec{A}$ ja $divrot\vec{A} = 0$. Magnetväljal on pseudovektor, kuid elektriväljal on tavaline vektor. Sellest tulenevalt kirjeldab elektromagnetlaine elektrivälja järgmine füüsika võrrand:

$$\Delta\vec{E} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\vec{E}}{\partial t^2} = 0$$

ehk lühemalt kirjutades $\vec{E} = \vec{E}(\omega t - \vec{x}\vec{k})$ või $\vec{E} \sim \overrightarrow{E_0}\, sin(\vec{x}\vec{k} - \omega t)$. Elektromagnetlaine

magnetvälja kirjeldava võrrandi on võimalik analoogiliselt avaldada järgmiselt:

$$\Delta\vec{H} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\vec{H}}{\partial t^2} = 0$$

ehk lihtsamalt $\vec{H} = \vec{H}(\omega t - \vec{x}\vec{k})$. Võrrandites esinev k on lainearv (mis on vektor) ja $\Delta = \nabla^2$.

Kuna hyperruumis võrdus aegruumi intervall nulliga (s.t. aja ja ruumi eksisteerimise lakkamine):

$$ds^2 = -c^2t^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2 = 0$$

siis seega pidi ka Laplace'i operaator võrduma nulliga:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{d^2\psi}{dy^2} + \frac{d^2\psi}{dz^2} = 0$$

mis esines kvantmehaanika põhivõrrandis ehk Schrödingeri lainevõrrandis:

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{d^2\psi}{dy^2} + \frac{d^2\psi}{dz^2} + \frac{2m}{h^2}E\psi = 0$$

See võimaldas meil „tuletada" sellise võrrandi:

$$0 = E_1 + E_2$$

millest on selgelt näha energiate (s.t. väljade) liitumise avaldis:

$$E = E_1 + E_2$$

See tähendab seda, et väljade liitumist põhjustab aja ja ruumi eksisteerimise lakkamine hyperruumi dimensioonis.

Lineaarse kombinatsiooni võrrandis:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

võivad lainefunktsioonid kirjeldada energia olekuid:

$$E = E_1 + E_2$$

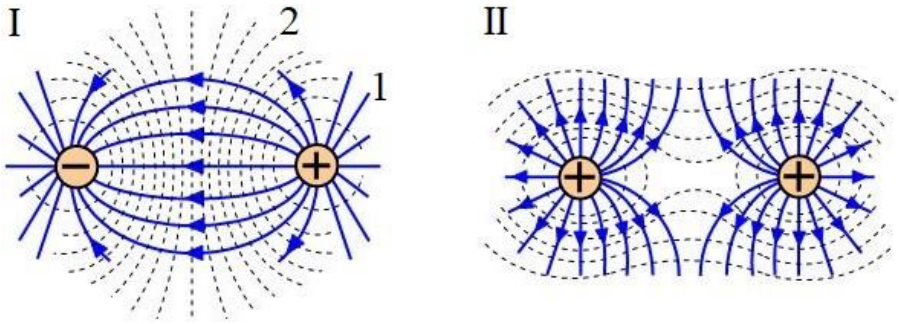
või energia olekute asemel näiteks footoni spinne kirjeldavaid olekufunktsioone:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

See näitab seda, et väljade liitumine hyperruumi dimensioonis ja osakeste kvantpõimumine on ühe ja sama nähtuse kaks erinevat külge. Need nähtused on omavahel "suguluses". See tähendab seda, et väljade liitumist hyperruumis ei saa seletada osakeste kvantpõimumise füüsikaga/matemaatikaga, vaid selle asemel tuleb mõista nii, et füüsika, mis seletab ja kirjeldab osakeste kvantpõimumist, seletab ja kirjeldab ka väljade liitumist hyperruumis.

2.2.20.12 Inimese teadvuse ja psüühika tekkimine väljade süsteemis

Inimese ajus olevad neuronid suhtlevad üksteisega elektrilise laenglemise tulemusena, mis tähendab seda, et neuroni laengu elektriväli mõjutab otseselt teise neuroni laengu välja. Niimoodi suhtlevad omavahel neuronid inimese ajus, mille tulemusena tekib ka väljade konfiguratsioon (väljade liitumised), mis on inimese teadvuse füüsikaliseks aluseks. Kahe elektrilaengu vahelise välja joonised:



Joonisel I me näeme seda, et kahe laengu elektrivälja jõujooned (joonisel tähistatud numbriga 1) liituvad, kuid kahe välja ekvipotentsiaalpinnad (joonisel tähistatud numbriga 2) ei liitu. Kahe välja ekvipotentsiaalpinnad üksteisest lahknevad.

Joonisel II me näeme seda, et kahe laengu elektrivälja jõujooned omavahel ei liitu, vaid need hoopis lahknevad. Kuid kahe välja ekvipotentsiaalpinnad omavahel liituvad. Kahe välja ekvipotentsiaalpinnad seekord üksteisest ei lahkne.

Kuna närvirakud ehk neuronid ajas perioodiliselt laenglevad, siis seega saab neid mudelites vaadelda kui elektrilaengutena. Kuna neuronid on enamasti ühesuguse laengu liigiga, siis seega realiseerub inimese ajus joonisel II kujutatud olek. Sellisel juhul ei ole oluline neuronite laengute liik (s.t. kas positiivne või negatiivne elektrilaeng).

Kuna tegemist on elektriväljadega, siis seega kehtib sellisel juhul superpositsiooniprintsiip ehk liitumise põhimõte, mille järgi võrdub laengute süsteemi väljatugevus üksikutest laengutest põhjustatud väljatugevuste vektoriaalse summaga:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

Inimese ajus olevad neuronid suhtlevad üksteisega kahel erineval viisil:

1. üksteisele impulsse saates (ehk läbi aksnonite, mille kaudu kulgeb informatsioon „elektrilise impulsi“ kujul)

2. elektrilise laenglemise tulemusena (neuroni laengu elektriväli mõjutab otseselt teise neuroni laengu välja). Niimoodi suhtlevad omavahel neuronid inimese ajus, mille tulemusena tekib ka väljade konfiguratsioon (väljade liitumised), mis on inimese teadvuse füüsikaliseks aluseks.

Niisamuti ka erinevate elektromagnetlainete väljade omavaheline vastastikmõju hyperruumis toimib sarnaselt nii nagu seda on näiteks üksteisele piisavalt lähedal olevate elektriliselt laetud

kehade omavaheline vastastikmõju aegruumis:

$$E = E_1 + E_2$$

See tähendab seda, et näiteks ühe footoni spinni muutumine mõjutab silmapilkselt (ehk 0 sekundiga) ka teise footoni spinni:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

ehk

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Selline vastastikmõju on oma olemuselt palju abstraktsem kui näiteks elektrilaengute vaheline vastastikmõju aegruumis. Näiteks kui aegruumis olevate laengute süsteemi väljatugevus võrdub üksikutest laengutest põhjustatud väljatugevuste vektoriaalse summaga:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \cdots + \vec{E}_n$$

siis hyperruumis ehk väljapool aegruumi kehtib lainefunktsioonide lineaarne kombinatsioon ehk selline superpositsiooniprintsiip:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

mis võib kirjeldada osakeste kvantpõimumist:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

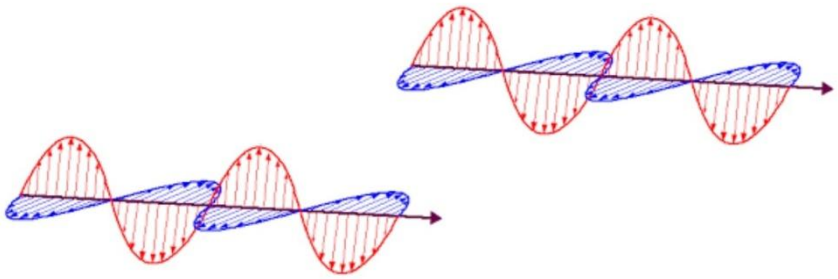
kuid samas ka (väljade) energiate liitumist:

$$E = E_1 + E_2$$

Sarnasused on ilmselged. Elektriliselt laetud kehad mõjutavad ajas ja ruumis ehk tavaruumis üksteist väljade kaudu elektrijõududega.

> Kuid siinkohal peab märkima seda, et lineaarse kombinatsiooni võrrandil:
>
> $$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$
>
> on kvantmehaanikas tegelikult olemas kaks erinevat tõlgenduse võimalust. Näiteks see võrrand võib näidata ühe ja sama osakese kahte erinevat olekut, mis antud võrrandis liituvad. Kuid samas võib see näidata ka sellist olekut ψ, mille korral liituvad kahe erineva osakese olekud. Füüsikas kasutatakse lineaarse kombinatsiooni mõiste asemel enamasti superpositsiooni mõistet ehk superpositsiooniprintsiipi.

Elektromagnetlaine elektri- ja magnetväli on ruumis väga lokaliseeritud võrreldes keha laengu väljaga, mis võib teoreetiliselt olla lõpmata ulatusega. Joonis, millel oli näha kahe erineva elektromagnetlaine vahelise kontakti puudumist, kujutatakse ette ajas ja ruumis ehk tavaruumis, milles eksisteerib aeg ja ruum, mistõttu ei võrdu intervall erinevate ajahetkede ja erinevate ruumipunktide vahel nulliga:



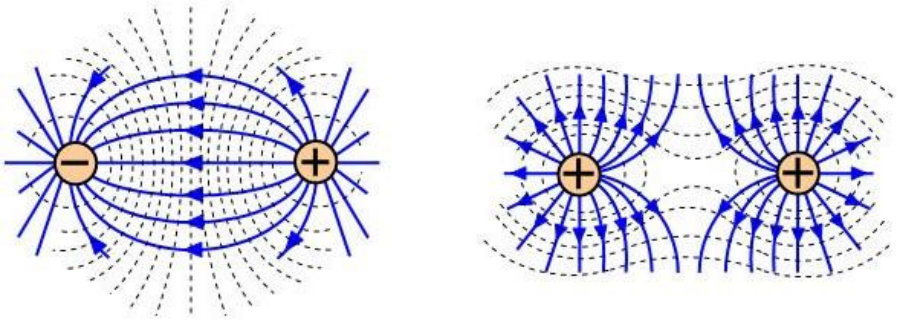
Kuid hyperruumis on erinevad elektromagnetlained omavahel „füüsiliselt“ seotud sarnaselt nii nagu vastastikmõjus üksteisele lähedal olevad elektriliselt laetud kehad aegruumis ehk tavaruumis K. Selline abstraktne füüsiline seos on võimalik ainult väljaspool aega ja ruumi ehk hyperruumis, kuna selles ei eksisteeri enam aega ega ruumi, mistõttu on intervall erinevate ajahetkede vahel ja erinevate ruumipunktide vahel praktiliselt olematud. Seda saab ettekujutada ainult läbi matemaatika:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

Hyperruumis on erinevad elektromagnetlained omavahel „füüsiliselt“ seotud sarnaselt nii nagu vastastikmõjus üksteisele lähedal olevad elektriliselt laetud kehad aegruumis ehk tavaruumis K. Oluline on mõista, et seda saabki ettekujutada ainult läbi matemaatika:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

Eelnevalt me näitasime seda, et ühe neuroni laengu elektriväli mõjutab otseselt teise neuroni laengu elektrivälja. Selle tulemusena tekib kahe elektrilaengu välja omavaheline konfiguratsioon (s.t. kahe elektrilaengu välja liitumine). Kahe elektrilaengu vahelise välja joonised olid esitatud järgmiselt:



Superpositsiooniprintsiibi ehk liitumise põhimõtte järgi võrdus kahe laengu süsteemi väljatugevus üksikutest laengutest põhjustatud väljatugevuste vektoriaalse summaga:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

Kuue elektrilaengu süsteemi väljatugevus võrdub samuti üksikutest laengutest põhjustatud väljatugevuste vektoriaalse summaga:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 + \vec{E}_5 + \vec{E}_6 = \sum_{i=1}^{6} \vec{E}_i$$

Kuna inimese ajus on kümneid miljardeid neuroneid ja sellest tulenevalt ulatub ka ajus olevate elektrilaengute arv kümnetesse miljarditesse, siis seega võib seda summa võrrandis olevat jada pikendada põhimõtteliselt mistahes suuruseni:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 + \vec{E}_5 + \vec{E}_6 + \vec{E}_7 + \vec{E}_8 + \vec{E}_9 + \vec{E}_{10} + \vec{E}_{11} + \vec{E}_{12} + \vec{E}_{13} + \vec{E}_{14} + \cdots + \vec{E}_n$$

See tähendab seda, et miljardite elektrilaengute väljad liituvad omavahel.

Antud väljatugevuste vektoriaalse summa võrrandit:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 + \vec{E}_5 + \vec{E}_6 + \vec{E}_7 + \vec{E}_8 + \vec{E}_9 + \vec{E}_{10} + \vec{E}_{11} + \vec{E}_{12} + \vec{E}_{13} + \vec{E}_{14} + \cdots + \vec{E}_n$$

võime nimetada lineaarseks, kuna elektrilaengute väljad liituvad omavahel jadamisi. Kuid tegelikult moodustavad laengute väljad väga keerulisi kombinatsioone, mis võivad minna äärmiselt kompleksеteks. Seda kirjeldavaid võrrandeid nimetame mittelineaarseteks. Selle üheks näiteks võib tuua järgmise võrrandi:

$$\vec{E} = \big(\vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \big(\vec{E}_3 + \vec{E}_4 + \big(\vec{E}_5 + \vec{E}_6 + \big(\vec{E}_7 + \vec{E}_8 + \big(\vec{E}_9 + \vec{E}_{10}\big) + \vec{E}_{11} + \vec{E}_{12}\big) + \vec{E}_{13} + \vec{E}_{14}\big) + \vec{E}_{15} + \vec{E}_{16}\big) + \vec{E}_{17} + \vec{E}_{18}\big) = \sum_{i=1}^{18} \vec{E}_i$$

Väljade liitumise tulemusena võivad tekkida äärmiselt keerulised ja kompleksed väljade kombinatsioonid:

$$\vec{E} = \Big(\big(\big(\vec{E}_1 + \vec{E}_2\big) + \big(\vec{E}_3 + \vec{E}_4\big)\big) + \Big(\big(\vec{E}_5 + \vec{E}_6\big) + \Big(\big(\vec{E}_7 + \vec{E}_8\big) + \big(\vec{E}_9 + \vec{E}_{10}\big)\Big)\Big)\Big) +$$

$$+ \Big(\big(\big(\vec{E}_{11} + \vec{E}_{12}\big) + \vec{E}_{13}\big) + \vec{E}_{14}\Big) + \vec{E}_{15} + \cdots + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^{n} \vec{E}_i = \sum_{n} \vec{E}_n$$

Näiteks antud võrrandis:

$$\vec{E} = \Big(\big(\big(\vec{E}_1 + \vec{E}_2\big) + \big(\vec{E}_3 + \vec{E}_4\big)\big) + \Big(\big(\vec{E}_5 + \vec{E}_6\big) + \Big(\big(\vec{E}_7 + \vec{E}_8\big) + \big(\vec{E}_9 + \vec{E}_{10}\big)\Big)\Big)\Big) +$$

$$+ \Big(\big(\big(\vec{E}_{11} + \vec{E}_{12}\big) + \vec{E}_{13}\big) + \vec{E}_{14}\Big) + \vec{E}_{15} + \cdots + \vec{E}_n$$

võib väli $\vec{E}_1$ veel omakorda avalduda järgmiselt:

$$\vec{E}_1 = \Big(\Big(\big(\vec{E}_2 + \big(\vec{E}_3 + \vec{E}_4\big)\big) + \Big(\vec{E}_5 + \big(\big(\vec{E}_6 + \vec{E}_7\big) + \vec{E}_8\big)\Big)\Big) + \Big(\vec{E}_9 + \Big(\vec{E}_{10} + \big(\vec{E}_{11} + \vec{E}_{12} + \vec{E}_{13}\big)\Big)\Big)\Big) +$$

$$+ \Big(\big(\vec{E}_{14} + \vec{E}_{15}\big) + \Big(\big(\big(\vec{E}_{16} + \vec{E}_{17}\big) + \big(\vec{E}_{18} + \vec{E}_{19}\big)\big) + \big(\vec{E}_{20} + \vec{E}_{21}\big)\Big)\Big) + \cdots + \vec{E}_n$$

Niimoodi võivad avalduda võrrandis esinevad kõik väljad. Kuid need võrrandid on suvaliselt koostatud, illustreerimaks seda, et kui keeruliseks ja kompleksеks võivad minna väljade kombinatsioonid.

Kuna väljade kombinatsioonid lähevad äärmiselt keeruliseks ja kompleksеteks, siis seega on üsna oluline see, et millises järjekorras ehk millises hierarhilises süsteemis väljad omavahel kombineeruvad. Näiteks väljatugevuste vektoriaalse summa võrrand võib avalduda täpselt selliselt nagu me eelnevalt näitasime:

$$\vec{E} = \left(\left((\vec{E}_1 + \vec{E}_2) + (\vec{E}_3 + \vec{E}_4)\right) + \left((\vec{E}_5 + \vec{E}_6) + \left((\vec{E}_7 + \vec{E}_8) + (\vec{E}_9 + \vec{E}_{10})\right)\right)\right) +$$

$$+ \left(\left((\vec{E}_{11} + \vec{E}_{12}) + \vec{E}_{13}\right) + \vec{E}_{14}\right) + \vec{E}_{15} + \cdots + \vec{E}_n$$

kuid samas võib selle hierarhiline struktuur avalduda ka järgmiselt:

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left((\vec{E}_5 + \vec{E}_6) + \vec{E}_7\right)\right)\right) + \left(\vec{E}_8 + \left(\vec{E}_9 + (\vec{E}_{10} + \vec{E}_{11} + \vec{E}_{12})\right)\right)\right) +$$

$$+ \left((\vec{E}_{13} + \vec{E}_{14}) + \left(\left((\vec{E}_{15} + \vec{E}_{16}) + (\vec{E}_{17} + \vec{E}_{18})\right) + (\vec{E}_{19} + \vec{E}_{20})\right)\right) + \cdots + \vec{E}_n$$

Inimese ajus on miljardeid neuroneid ja seega miljardeid elektrilaenguid. Seetõttu ulatub arv, mis näitab väljade kombinatsioonide hierarhilise süsteemi võimalikke variante, samuti miljarditesse. Näiteks eelnevalt me näitasime kahte erinevat võimalikkust, kuid inimese ajus on selliseid erinevaid võimalusi miljardeid.

Kui me käsitleme inimese ajus olevate väljade kombinatsioonide hierarhilist süsteemi, siis peab arvestama kahe asjaoluga:

1. Kui teoreetiliselt võib väljade kombinatsioonide hierarhilise struktuuri võimalikke variante olla miljardeid või isegi miljardeid miljardeid, siis tegelikult esineb nendest ainult üks variant.

2. Seda ühte varianti ei olegi võimalik täpselt teada. See tähendab seda, et ei olegi võimalik täpselt teada, et millise hierarhilise struktuurina on väljade kombinatsioonid inimese ajus.

Inimese ajus on miljardeid neuroneid ja seega miljardeid elektrilaenguid, mis teebki väljade kombinatsioonide hierarhilise struktuuri niivõrd keeruliseks ja komplekseks, et täpset infot selle kohta on peaaegu võimatu saada. Seetõttu peame arvestama üldiste seaduspärasustega, võimalikke variatsioonidega ja suurima tõenäosusega.

Eelnevalt olid võrrandid kirja pandud selliselt, mille korral ei olnud arvestatud väljatugevuste tekkimistega ja kadumistega ajas ja ruumis. Seetõttu võib neid võrrandeid nimetada „staatilisteks“. Kuid tegelikult peame arvestama just „dünaamiliste“ võrranditega, mille korral on arvestatud ka väljatugevuste tekkimine ja lakkamine ajas ja ruumis.

Näiteks neuronid laenglevad ainult siis, kui neuronisse suubub elektriimpulss või kui neuronist väljub elektriimpulss. Neuronitel ei ole laengud ajas püsivad, mis tähendab seda, et neuronid ajas perioodiliselt laenglevad. Seetõttu oleks õigem eespool esitatud võrrandit:

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left((\vec{E}_5 + \vec{E}_6) + \vec{E}_7\right)\right)\right) + \left(\vec{E}_8 + \left(\vec{E}_9 + (\vec{E}_{10} + \vec{E}_{11} + \vec{E}_{12})\right)\right)\right) +$$

$$+ \left((\vec{E}_{13} + \vec{E}_{14}) + \left(\left((\vec{E}_{15} + \vec{E}_{16}) + (\vec{E}_{17} + \vec{E}_{18})\right) + (\vec{E}_{19} + \vec{E}_{20})\right)\right) + \cdots + \vec{E}_n$$

kirjutada kujule:

$$\vec{E} = \Big(\Big(\big(\quad + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)\big) + \big(\vec{E}_4 + \big((\vec{E}_5 + \quad) + \vec{E}_7\big)\big)\Big) + \big(\quad + \big(\vec{E}_9 + (\quad + \vec{E}_{11} + \quad)\big)\big)\Big) +$$

$$+ \Big((\vec{E}_{13} + \quad) + \Big(\big((\quad + \vec{E}_{16}) + (\vec{E}_{17} + \quad)\big) + (\vec{E}_{19} + \quad)\Big)\Big) + \cdots + \vec{E}_n$$

mis esituks näiteks ajahetkel t_1. Tühjad kastid tähendavad laengu puudumist, mille tulemusena puudub ka laengu väljatugevus. Antud võrrandi kuju võib esituda ajahetkel t_2 näiteks järgmiselt:

$$\vec{E} = \Big(\Big(\big(\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \quad)\big) + \big(\vec{E}_4 + \big((\quad + \vec{E}_6) + \quad)\big)\Big) + \big(\vec{E}_8 + \big(\quad + (\vec{E}_{10} + \quad + \vec{E}_{12})\big)\big)\Big) +$$

$$+ \Big((\quad + \vec{E}_{14}) + \Big(\big((\vec{E}_{15} + \quad) + (\quad + \vec{E}_{18})\big) + (\quad + \vec{E}_{20})\Big)\Big) + \cdots + \vec{E}_n$$

Tühjad kastid tähendavad jällegi väljatugevuse puudumist elektrilaengu puudumise tõttu. Tuleb märkida, et need võrrandid on suvaliselt koostatud, illustreerimaks väljade kombinatsioonide hierarhilise struktuuri muutumist ajas neuronite perioodiliste laenglemiste tõttu ajas. Kuid neuronid ise ajas ära ei kao ehk need eksisteerivad ajas lakkamatult. Tühjad kastid näitavadki neuronite olemasolu, mis parajasti ei laengle.

Kuna me tekitasime „tühjad kastid“, näiteks võrrandisse:

$$\vec{E} = \Big(\Big(\big(\quad + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)\big) + \big(\vec{E}_4 + \big((\vec{E}_5 + \quad) + \vec{E}_7\big)\big)\Big) + \big(\quad + \big(\vec{E}_9 + (\quad + \vec{E}_{11} + \quad)\big)\big)\Big) +$$

$$+ \Big((\vec{E}_{13} + \quad) + \Big(\big((\quad + \vec{E}_{16}) + (\vec{E}_{17} + \quad)\big) + (\vec{E}_{19} + \quad)\Big)\Big) + \cdots + \vec{E}_n$$

siis seega võib selle sama võrrandi kirjutada ka kujule:

$$\vec{E} = \Big(\big((\vec{E}_2 + \vec{E}_3) + \big(\vec{E}_4 + (\vec{E}_5 + \vec{E}_7)\big)\big) + (\vec{E}_9 + \vec{E}_{11})\Big) +$$

$$+ \Big(\vec{E}_{13} + \big((\vec{E}_{16} + \vec{E}_{17}) + \vec{E}_{19}\big)\Big) + \cdots + \vec{E}_n$$

Võib väita, et need kaks võrrandit on tegelikult üks ja sama.

Kui me käsitleme inimese ajus olevate väljade kombinatsioonide hierarhilise struktuuri muutumist ajas ja ruumis neuronite perioodiliste laenglemiste tõttu, siis peab arvestama ka sellisel juhul ühe kindla asjaoluga:

Eespool me väitsime, et teoreetiliselt võib väljade kombinatsioonide hierarhilise

struktuuri võimalikke variante olla miljardeid või isegi miljardeid miljardeid. Seetõttu ei ole võimalik täpselt teada selle struktuuri muutumise dünaamikat ajas ja ruumis.

Selle mõistmiseks toome järgnevalt välja ühe näite. Näiteks ajahetkel t_1 võib väljade kombinatsioon esituda järgmiselt:

$$\vec{E} = \Big(\Big(\big(\quad + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)\big) + \big(\vec{E}_4 + \big((\vec{E}_5 + \quad) + \vec{E}_7\big)\big)\Big) + \Big(\quad + \big(\vec{E}_9 + (\quad + \vec{E}_{11} + \quad)\big)\Big)\Big) + \Big((\vec{E}_{13} + \quad) + \Big(\big((\quad + \vec{E}_{16}) + (\vec{E}_{17} + \quad)\big) + (\vec{E}_{19} + \quad)\Big)\Big) + \cdots + \vec{E}_n$$

ja ajahetkel t_2 võib see võtta sellise kuju:

$$\vec{E} = \Big(\Big(\big(\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \quad)\big) + \big(\vec{E}_4 + \big((\quad + \vec{E}_6) + \quad)\big)\Big) + \Big(\vec{E}_8 + \big(\quad + (\vec{E}_{10} + \quad + \vec{E}_{12})\big)\Big)\Big) + \Big((\quad + \vec{E}_{14}) + \Big(\big((\vec{E}_{15} + \quad) + (\quad + \vec{E}_{18})\big) + (\quad + \vec{E}_{20})\Big)\Big) + \cdots + \vec{E}_n$$

Kuid samas võib see olla hoopis teisuguse järjestusega. Näiteks ajahetkel t_1 võib väljade kombinatsioon avalduda hoopis selliselt:

$$\vec{E} = \Big(\Big(\big(\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \quad)\big) + \big(\vec{E}_4 + \big((\quad + \vec{E}_6) + \quad)\big)\Big) + \Big(\vec{E}_8 + \big(\quad + (\vec{E}_{10} + \quad + \vec{E}_{12})\big)\Big)\Big) + \Big((\quad + \vec{E}_{14}) + \Big(\big((\vec{E}_{15} + \quad) + (\quad + \vec{E}_{18})\big) + (\quad + \vec{E}_{20})\Big)\Big) + \cdots + \vec{E}_n$$

ja ajahetkel t_2 võib see esituda järgmiselt:

$$\vec{E} = \Big(\Big(\big(\quad + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)\big) + \big(\vec{E}_4 + \big((\vec{E}_5 + \quad) + \vec{E}_7\big)\big)\Big) + \Big(\quad + \big(\vec{E}_9 + (\quad + \vec{E}_{11} + \quad)\big)\Big)\Big) + \Big((\vec{E}_{13} + \quad) + \Big(\big((\quad + \vec{E}_{16}) + (\vec{E}_{17} + \quad)\big) + (\vec{E}_{19} + \quad)\Big)\Big) + \cdots + \vec{E}_n$$

Nende kahe võimaliku väljade kombinatsioonide järjestust ajas ja ruumis ei olegi võimalik täpselt

teada, kuna selle võimalikke variantide arv ulatub inimese aju korral miljarditesse. See tähendab seda, et ei olegi võimalik täpselt teada, et millise hierarhilise struktuuri muutumise dünaamikaga on väljade kombinatsioonid inimese ajus.

Kordame veelkord üle mõned olulised põhiseisukohad, mida eespool esitati:

1. Kui teoreetiliselt võib väljade kombinatsioonide hierarhilise struktuuri võimalikke variante olla miljardeid või isegi miljardeid miljardeid, siis tegelikult esineb nendest ainult üks variant.

2. Seda ühte varianti ei olegi võimalik täpselt teada. See tähendab seda, et ei olegi võimalik täpselt teada, et millise hierarhilise struktuurina on väljade kombinatsioonid inimese ajus.

3. Eespool me väitsime, et teoreetiliselt võib väljade kombinatsioonide hierarhilise struktuuri võimalikke variante olla miljardeid või isegi miljardeid miljardeid. Seetõttu ei ole võimalik täpselt teada selle struktuuri muutumise dünaamikat ajas ja ruumis.

Inimese ajus on miljardeid neuroneid ja seega miljardeid elektrilaenguid, mis teebki väljade kombinatsioonide hierarhilise struktuuri niivõrd keeruliseks ja komplekseks, et täpset infot selle kohta on peaaegu võimatu saada. Seetõttu peame arvestama üldiste seaduspärasustega, võimalikke variatsioonidega ja suurima tõenäosusega. Kuid inimese subjektiivse kogemuse järgi saab väita, et eespool kirjeldatud väljade süsteemis tekib teadvus ja psüühiline tegevus. See tähendab seda, et teadvuse ja psüühilise tegevuse esinemine eespool kirjeldatud väljade süsteemis on kindel fakt hoolimata sellest, et teadvuse ja psüühilise tegevuse täpne tekkimine ja kujunemine ei ole tegelikult teada. Ainus täpne ja kindel info ongi see, et väljade süsteemis tekib teadvus ja psüühiline tegevus. Seda tõestavad objektiivsed ajuteaduslikud katsed ja inimese subjektiivne kogemus: teadvus on ajus.

> Nüüdisaegne neuroteadus on tõestanud, et inimese teadvus ja psüühiline tegevus on ajus seotud eelkõige laenglevate neuronite omavaheliste elektromagnetliste interaktsioonidega, mitte niivõrd neuronite bioloogiliste protsessidega. Neuronite bioloogilisteks protsessideks võivad olla närviraku sisesed protsessid või isegi sünapsites toimuvad keemilised reaktsioonid. Elektromagnetiliste interaktsioonide struktuurid miljonite laenglevate neuronite vahel on äärmiselt keerulised, mitmekesised, muutlikud, spetsiifilised ja varieeruvad, mistõttu teadvust ja psüühilist tegevust tagavaid interaktsioone on peaaegu võimatu avastada ja uurida. Kuid kindel on see, et inimese teadvus ja psüühiline tegevus avaldub nendes interaktsioonides.

Siinkohal tuleb märkida seda, et üksikute neuronite tasemel on nende väljade kombinatsioonide hierarhiline struktuur äärmiselt keeruline ja kompleksne, mistõttu täpset infot selle kohta on peaaegu võimatu saada. Inimese ajus on miljardeid neuroneid ja seega miljardeid elektrilaenguid. Kuid neuronipopulatsioonide tasemel, mis võivad hõlmata isegi palja silmaga nähtavaid ajupiirkondi, on juba võimalik saada üsna täpset infot väljade kombinatsioonide hierarhilise struktuuri kohta. Näiteks inimese igasugune psüühiline funktsioon ja selle mitmekesisus tagatakse paljude tuumade vahel moodustuvate koostöövõrgustike talitlusega. Näiteks mõned neuronipopulatsioonid ärgastuvad värvuse peale, kuid teised liikumise peale. Kolmandad aga võivad ärgastuda kella helisemise peale, mis varem on teatanud, et varsti tuuakse toitu. Põhimõtteliselt võib öelda seda, et praktiliselt kogu tänapäevane ajuteadus põhinebki sellistel teadmistel, mis käsitlevad just neuronipopulatsioonide tasemel olevaid aktivatsioone, kuid üksikute neuronite tasemel olevaid aktiivsusmustreid ei teata peaaegu täielikult. Näiteks me võime ju teada, et millised neuronipopulatsioonid (ajupiirkonnad) ärgastuvad värvuse peale või millised liikumise peale, kuid me ikkagi ei tea seda, mis toimub täpselt nende ärgastunud neuronipopulatsioonide (ajupiirkondade) sees.

Inimese ajus on olemas miljardeid neuroneid ja need kõik tekitavad oma laenglemistega elektriväljasid, mis kõik kokku summeerudes tekib üle kogu aju üldine elektriväli. Näiteks kui makroskoopilised kehad saavad laengu, siis keha laeng tekib laetud osakeste summast ehk keha laengu elektriväli moodustub laetud osakeste väljade liitumisel. Inimese teadvusseisund esineb ainult aju üldise aktiivsuse juures ja mingi kindel teadvuse sisu esineb ainult mingi kindla ajupiirkonna aktiivsuse korral. Neuronite aktiivsus tähendab aga nende neuronite laenglemist ajas ja ruumis. Elektriliselt laetud keha tekitab ümbritsevas ruumis elektrivälja ja seega on teadvuse tekkimine (ja selle olemus) seotud just nende füüsikaliste väljadega (mida siis neuronid oma laenglemistega aju ruumis tekitavad), mitte aga otseselt just neuronite endiga. See tähendab seda, et teadvus võib seotud olla just neuronite väljadega ehk siis aju üldise elektriväljaga, mitte niivõrd neuronite endiga. Näiteks kui neuroneid ajus ei oleks, kuid kõikide kadunud neuronite väljad eksisteeriksid ja funktsioneeriksid täpselt samamoodi edasi, siis tõenäoliselt jääks kestma ka teadvus (psüühika).

Inimese ajust eraldunud väljade süsteemis puuduvad „elektrilise impulsi“ olemasoluks vajalikud neuronaalsed struktuurid ja väljade ruumilised ulatused on võrreldes neuronite laengute väljadega palju lokaalsemad, mistõttu ei saa väljad üksteisega otsest kontakti luua nii nagu seda teevad neuronite laengute väljad inimese ajus. Kuid sellest hoolimata (aegruumi eksisteerimise lakkamise tõttu) toimub väljade omavaheline kommunikeerumine, mille tulemusena tekib ka väljade konfiguratsioon. See tähendab seda, et sellises väljade süsteemis toimub väljade omavaheline kommunikeerumine ja väljade konfiguratsiooni (teadvuse) tekkimine palju abstraktsemalt kui seda näiteks inimese ajus olevate neuronite korral.

Eespool me näitasime seda, et laetud neuronite elektriväljad mõjutavad otseselt teiste laetud neuronite elektrivälju. Selle tulemusena tekib elektrilaengute väljade omavaheline konfiguratsioon (s.t. elektrilaengute väljade liitumine).

Niisamuti ka erinevate elektromagnetlainete väljade omavaheline vastastikmõju hyperruumis toimib sarnaselt nii nagu seda on näiteks üksteisele piisavalt lähedal olevate elektriliselt laetud kehade omavaheline vastastikmõju aegruumis:

$$E = E_1 + E_2$$

Selline vastastikmõju on oma olemuselt palju abstraktsem kui näiteks elektrilaengute vaheline vastastikmõju aegruumis. Näiteks kui aegruumis olevate laengute süsteemi väljatugevus võrdub üksikutest laengutest põhjustatud väljatugevuste vektoriaalse summaga:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \cdots + \vec{E}_n$$

siis hyperruumis ehk väljapool aegruumi kehtib lainefunktsioonide lineaarne kombinatsioon ehk selline superpositsiooniprintsiip:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

mis võib kirjeldada osakeste kvantpõimumist:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

kuid samas ka (väljade) energiate liitumist:

$$E = E_1 + E_2$$

Sarnasused on ilmselged. Seda saab ettekujutada ainult läbi matemaatika:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

MÄRKUS: Kui eelnevalt märkisime seda, et erinevate elektromagnetlainete väljade

vahel toimub hyperruumis vastastikmõju

$$E = E_1 + E_2$$

siis selle all on mõeldud just erinevate elektromagnetlainete (elektri)väljade omavahelist vastastikust mõju, mitte ühe elektromagnetlaine elektri- ja magnetvälja omavahelist vastastikmõju.

Superpositsiooniprintsiibi ehk liitumise põhimõtte järgi võrdub kahe lainefunktsiooni lineaarne kombinatsioon üksikute lainefunktsioonide summaga:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

Kuue lainefunktsiooni lineaarne kombinatsioon võrdub samuti üksikute lainefunktsioonide summaga:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2 + c_3\psi_3 + c_4\psi_4 + c_5\psi_5 + c_6\psi_6 = \sum_{i=1}^{6} c_i\psi_i$$

Kuna elektromagnetlaineid võib olla arvuliselt sadu ja sadu miljardeid, siis seega võib seda summa võrrandis olevat jada pikendada põhimõtteliselt mistahes suuruseni:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2 + c_3\psi_3 + c_4\psi_4 + c_5\psi_5 + c_6\psi_6 + c_7\psi_7 + c_8\psi_8 + c_9\psi_9 + c_{10}\psi_{10} + \cdots + c_n\psi_n$$

See tähendab seda, et miljardite elektromagnetlainete väljad liituvad omavahel.

Siinkohal tuletame meelde, et Pauli keeluprintsiibile ei allu täisarvulise spinniga osakesed, mis tähendab seda, et täisarvulise spinniga osakesed (näiteks valguse osakesed footonid) võivad olla ühes ja samas olekus põhimõtteliselt kui tahes palju.

Antud lainefunktsioonide lineaarse kombinatsiooni võrrandit:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2 + c_3\psi_3 + c_4\psi_4 + c_5\psi_5 + c_6\psi_6 + c_7\psi_7 + c_8\psi_8 + c_9\psi_9 + c_{10}\psi_{10} + \cdots + c_n\psi_n$$

võime nimetada samuti „lineaarseks“, kuna elektromagnetlainete väljad liituvad omavahel jadamisi. Kuid tegelikult võivad elektromagnetlainete väljad moodustada samuti väga keerulisi kombinatsioone, mis võivad minna äärmiselt kompleksseteks. Seda kirjeldavaid võrrandeid nimetame samuti „mittelineaarseteks“. Selle üheks näiteks võib tuua järgmise võrrandi:

$$\begin{aligned}\psi = (&c_1\psi_1 + c_2\psi_2 \\ &+ (c_3\psi_3 + c_4\psi_4 \\ &+ (c_5\psi_5 + c_6\psi_6 + (c_7\psi_7 + c_8\psi_8 + (c_9\psi_9 + c_{10}\psi_{10}) + c_{11}\psi_{11} + c_{12}\psi_{12}) + c_{13}\psi_{13} \\ &+ c_{14}\psi_{14}) + c_{15}\psi_{15} + c_{16}\psi_{16}) + c_{17}\psi_{17} + c_{18}\psi_{18})\end{aligned}$$

Selliste väljade liitumiste tulemusena võivad samuti tekkida äärmiselt keerulised ja kompleksed väljade kombinatsioonid:

$$\begin{aligned}\psi = \Big(&\big((c_1\psi_1 + c_2\psi_2) + (c_3\psi_3 + c_4\psi_4)\big) \\ &+ \Big((c_5\psi_5 + c_6\psi_6) + \big((c_7\psi_7 + c_8\psi_8) + (c_9\psi_9 + c_{10}\psi_{10})\big)\Big)\Big) +\end{aligned}$$

$$+\Big(\big((c_{11}\psi_{11}+c_{12}\psi_{12})+c_{13}\psi_{13}\big)+c_{14}\psi_{14}\Big)+c_{15}\psi_{15}+\cdots+c_n\psi_n=\sum_{i=1}^{n}c_i\psi_i=\sum_{n}c_n\psi_n$$

Need võrrandid on suvaliselt koostatud, illustreerimaks seda, et kui keeruliseks ja kompleksekseks võivad minna väljade kombinatsioonid.

Kuna väljade kombinatsioonid lähevad äärmiselt keeruliseks ja kompleksekseteks, siis seega on üsna oluline see, et millises järjekorras ehk millises hierarhilises süsteemis väljad omavahel kombineeruvad. Näiteks lainefunktsioonide superpositsiooni võrrand võib avalduda täpselt selliselt nagu me eelnevalt näitasime:

$$\psi=\Big(\big((c_1\psi_1+c_2\psi_2)+(c_3\psi_3+c_4\psi_4)\big)+\Big((c_5\psi_5+c_6\psi_6)+\big((c_7\psi_7+c_8\psi_8)+(c_9\psi_9+c_{10}\psi_{10})\big)\Big)\Big)+$$

$$+\Big(\big((c_{11}\psi_{11}+c_{12}\psi_{12})+c_{13}\psi_{13}\big)+c_{14}\psi_{14}\Big)+c_{15}\psi_{15}+\cdots+c_n\psi_n$$

kuid samas võib selle hierarhiline struktuur avalduda ka järgmiselt:

$$\psi=\Big(\Big(\big(c_1\psi_1+(c_2\psi_2+c_3\psi_3)\big)+\Big(c_4\psi_4+\big((c_5\psi_5+c_6\psi_6)+c_7\psi_7\big)\Big)\Big)+\Big(c_8\psi_8+\big(c_9\psi_9+(c_{10}\psi_{10}+c_{11}\psi_{11}+c_{12}\psi_{12})\big)\Big)\Big)+$$

$$+\Big((c_{13}\psi_{13}+c_{14}\psi_{14})+\Big(\big((c_{15}\psi_{15}+c_{16}\psi_{16})+(c_{17}\psi_{17}+c_{18}\psi_{18})\big)+(c_{19}\psi_{19}+c_{20}\psi_{20})\Big)\Big)+\cdots+c_n\psi_n$$

Kuna elektromagnetlaineid võivad arvuliselt olla miljardeid miljardeid, siis seetõttu ulatub arv, mis näitab väljade kombinatsioonide hierarhilise süsteemi võimalikke variante, samuti miljarditesse. Näiteks eelnevalt me näitasime ainult kahte erinevat võimalikkust, kuid miljardite elektromagnetlainete korral on selliseid erinevaid võimalusi miljardeid.

Kui me käsitleme miljardite elektromagnetlainete väljade kombinatsioonide hierarhilist süsteemi, siis peab arvestama ka sellisel juhul kahe asjaoluga:

1. Kui teoreetiliselt võib väljade kombinatsioonide hierarhilise struktuuri võimalikke variante olla miljardeid või isegi miljardeid miljardeid, siis tegelikult esineb nendest ainult üks variant.

2. Seda ühte varianti ei olegi võimalik täpselt teada. See tähendab seda, et ei olegi võimalik täpselt teada, et millise hierarhilise struktuurina on väljade kombinatsioonid miljardite elektromagnetlainete väljade korral.

Elektromagnetlaineid võib olla miljardeid miljardeid, mis teebki väljade kombinatsioonide hierarhilise struktuuri niivõrd keeruliseks ja kompleksekseks, et täpset infot selle kohta on peaaegu võimatu saada. Seetõttu peame arvestama üldiste seaduspärasustega, võimalikke variatsioonidega ja suurima tõenäosusega.

Inimese ajus olevad neuronid laenglevad ajas ja ruumis perioodiliselt. Laetud kehade vahel esinevad elektrijõud ehk mõju ja vastumõju paarid. Selleks, et tekiksid elektrijõud ehk mõju ja vastumõju paarid, peavad neuronid laenglema sünkroonselt. See tähendab seda, et kui näiteks kaks neuronit mõjutaksid üksteist elektrijõuga, siis peaksid need laetud olema ka samaaegselt ehk ühe ja sama ajaperioodi jooksul peavad mõlemad neuronid olema elektriliselt laetud. Ainult siis on

võimalik neuronite vaheline elektrijõu olemasolu, mis on teatavasti teadvussisu avaldumise füüsikaliseks aluseks. See tähendab ka seda, et inimese ajus eksisteeriv sünkronisatsioon on teadvuse avaldumise üks põhieeldusi, sest ilma laenglevate neuronite sünkronisatsioonita ei saa olla võimalik nende vaheline elektriline vastastikmõju, mis ongi teadvuse füüsiliseks aluseks inimese ajus. Sünkronisatsioon ei ole teadvuse sõlmimismehhanism, vaid see on oluline elektrilise vastastikmõju eksisteerimiseks laenglevate neuronite vahelises ruumis inimese ajus. Kuid kehavälises olekus peab toimuma (aegruumi eksisteerimise lakkamise tõttu) väljade omavaheline kommunikeerumine samuti sünkronisatsiooni tulemusena, milletõttu tekib ka väljade omavaheline konfiguratsioon. See tähendab seda, et sellises väljade süsteemis toimub väljade omavaheline kommunikeerumine ja väljade konfiguratsiooni (teadvuse) tekkimine siis, kui elektromagnetlainete väljade faasiajad omavahel kattuvad.

Eespool olid superpositsiooni võrrandid kirja pandud selliselt, mille korral ei olnud arvestatud lainefunktsioonide tekkimistega ja kadumistega. Seetõttu võib neid võrrandeid nimetada „staatilisteks“. Kuid tegelikult peame arvestama just „dünaamiliste“ võrranditega, mille korral on arvestatud ka väljade tekkimine ja lakkamine elektromagnetlaines. Lainefunktsioonid ise on püsivad ehk need ei teki ega kao ajas ja ruumis.

Eespool tuletatud superpositsiooni võrrand:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

võis kirjeldada osakeste spinnide kvantpõimumist:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

kuid samas ka energiate summat:

$$E = E_1 + E_2$$

Kuna footonit on võimalik käsitleda ka elektromagnetlainena, siis seega võib viimast võrrandit kasutada just elektromagnetlaine juhul. Seetõttu oleks õigem eespool esitatud superpositsiooni võrrandit:

$$\psi = \Big(\Big((c_1\psi_1 + (c_2\psi_2 + c_3\psi_3)) + \big(c_4\psi_4 + ((c_5\psi_5 + c_6\psi_6) + c_7\psi_7)\big)\Big) + \big(c_8\psi_8 + (c_9\psi_9 + (c_{10}\psi_{10} + c_{11}\psi_{11} + c_{12}\psi_{12}))\big)\Big) +$$

$$+ \Big((c_{13}\psi_{13} + c_{14}\psi_{14}) + \big((c_{15}\psi_{15} + c_{16}\psi_{16}) + (c_{17}\psi_{17} + c_{18}\psi_{18})\big) + (c_{19}\psi_{19} + c_{20}\psi_{20})\Big) + \cdots + c_n\psi_n$$

kirjutada kujule:

$$\vec{E} = \Big(\Big((\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)) + \big(\vec{E}_4 + ((\vec{E}_5 + \vec{E}_6) + \vec{E}_7)\big)\Big) + \big(\vec{E}_8 + (\vec{E}_9 + (\vec{E}_{10} + \vec{E}_{11} + \vec{E}_{12}))\big)\Big) +$$

$$+ \Big((\vec{E}_{13} + \vec{E}_{14}) + \big((\vec{E}_{15} + \vec{E}_{16}) + (\vec{E}_{17} + \vec{E}_{18})\big) + (\vec{E}_{19} + \vec{E}_{20})\Big) + \cdots + \vec{E}_n$$

milles liituvad väljatugevused. Elektromagnetlaines esinevad elektriväli ja magnetväli, mis omavad energiat.

Elektrilaengust põhjustatud elektrivälja energia avaldub seosena:

$$E = \frac{q\varphi}{2} = k\frac{q^2}{r}\frac{1}{2}$$

millest võib saada ka potentsiaalse energia avaldise:

$$2E = k\frac{q^2}{r} = E_p$$

Viimasest nähtub omakorda elektrivälja tugevuse seos:

$$\frac{E_p}{qr} = k\frac{q}{r^2} = E$$

ehk

$$E = k\frac{q}{r^2}$$

Sellest tulenevalt võime energiate summa võrrandit:

$$E = E_1 + E_2$$

ümber kirjutada väljatugevuste summa võrrandiks:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

Väljatugevus E on seotud omakorda elektromagnetvälja vektorpotentsiaaliga A:

$$E = -grad\varphi = -\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x_1}, \frac{\partial\varphi}{\partial x_2}, \frac{\partial\varphi}{\partial x_3}\right) = -divA = -\left(\frac{\partial A_1}{\partial x_1} + \frac{\partial A_2}{\partial x_2} + \frac{\partial A_3}{\partial x_3}\right) = -\frac{\partial A_j}{\partial x_j}$$

kuid magnetvälja tugevus H on seotud sellega järgmiselt:

$$H = rotA = \left(\frac{\partial A_3}{\partial x_2} - \frac{\partial A_2}{\partial x_3}, \frac{\partial A_1}{\partial x_3} - \frac{\partial A_3}{\partial x_1}, \frac{\partial A_2}{\partial x_1} - \frac{\partial A_1}{\partial x_2}\right)$$

Need lihtsad seosed annavad meile väljatugevuse võrrandi lõplikuks kujuks:

$$E = \frac{\varphi}{r} = \frac{1}{c}\frac{\varphi}{t} = -divA$$

Saadud võrrand ühtib elektromagnetvälja potentsiaali diferentsiaalvõrrandiga:

$$\frac{1}{c}\frac{\partial\varphi}{\partial t} = -divA$$

ehk

$$divA + \frac{1}{c}\frac{\partial\varphi}{\partial t} = 0$$

Viime divA võrrandi teisele poole võrdusmärki:

$$\frac{1}{c}\frac{\partial\varphi}{\partial t} = -divA$$

ja tõstame võrrandi mõlemad pooled ruutu:

$$\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = (-divA)^2 = \Delta\varphi$$

Tulemuseks saame elektromagnetvälja (antud juhul elektromagnetlaine) potentsiaalide võrrandid:

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = 0$$

ja

$$\Delta A - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 A}{\partial t^2} = 0$$

Kuid elektrilaengu poolt tekitatud elektromagnetvälja vektorpotentsiaal avaldub:

$$\Delta\varphi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\varphi}{\partial t^2} = -4\pi\rho$$

ja skalaarpotentsiaal:

$$\Delta A - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 A}{\partial t^2} = -\frac{4\pi}{c}j$$

Viimaseid võrrandeid on võimalik avaldada ka ainult magnetvälja tugevuse H kaudu:

$$\Delta H - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 H}{\partial t^2} = 0$$

ja ka elektrivälja tugevuse E kaudu:

$$\Delta E - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = 0$$

mis on esitatud elektromagnetlaine juhul.

Elektromagnetlaine on elektri- ja magnetvälja üksteise muutumise levimine ruumis, mis tähendab seda, et elektrivälja muutumine ühes punktis põhjustab kõigepealt muutuva magnetvälja ja selle magnetvälja muutus kutsub (elektromagnetilise induktsiooni teel) esile elektrivälja muutumise naaberpunktis. Muutuva elektrivälja levik toimub magnetvälja vahendusel.

Elektromagnetlaines ei ole väljad ajas püsivad, mis tähendab seda, et elektriväli ja magnetväli ajas perioodiliselt tekivad ja kaovad. Seetõttu oleks õigem eespool esitatud superpositsiooni võrrandit:

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + \left(\vec{E}_2 + \vec{E}_3\right)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left(\left(\vec{E}_5 + \vec{E}_6\right) + \vec{E}_7\right)\right)\right) + \left(\vec{E}_8 + \left(\vec{E}_9 + \left(\vec{E}_{10} + \vec{E}_{11} + \vec{E}_{12}\right)\right)\right)\right) +$$

$$+ \left(\left(\vec{E}_{13} + \vec{E}_{14}\right) + \left(\left(\left(\vec{E}_{15} + \vec{E}_{16}\right) + \left(\vec{E}_{17} + \vec{E}_{18}\right)\right) + \left(\vec{E}_{19} + \vec{E}_{20}\right)\right)\right) + \cdots + \vec{E}_n$$

kirjutada kujule:

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\quad + \left(\vec{E}_2 + \vec{E}_3\right)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left(\left(\vec{E}_5 + \quad\right) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right.$$

$$\left. + \left(\quad + \left(\vec{E}_9 + \left(\quad + \vec{E}_{11} + \quad\right)\right)\right)\right) +$$

$$+\left(\left(\vec{E}_{13}+\quad\right)+\left(\left(\left(\quad+\vec{E}_{16}\right)+\left(\vec{E}_{17}+\quad\right)\right)+\left(\vec{E}_{19}+\quad\right)\right)\right)+\cdots+\vec{E}_n$$

mis esituks näiteks ajahetkel t_1. Tühjad kastid tähendavad välja puudumist, mille tulemusena puudub ka väljatugevus. Antud võrrandi kuju võib esituda ajahetkel t_2 näiteks järgmiselt:

$$\vec{E}=\left(\left(\left(\vec{E}_1+\left(\vec{E}_2+\quad\right)\right)+\left(\vec{E}_4+\left(\left(\quad+\vec{E}_6\right)+\quad\right)\right)\right)+\left(\vec{E}_8+\left(\quad+\left(\vec{E}_{10}+\quad+\vec{E}_{12}\right)\right)\right)\right)+$$

$$+\left(\left(\quad+\vec{E}_{14}\right)+\left(\left(\left(\vec{E}_{15}+\quad\right)+\left(\quad+\vec{E}_{18}\right)\right)+\left(\quad+\vec{E}_{20}\right)\right)\right)+\cdots+\vec{E}_n$$

Tühjad kastid tähendavad jällegi väljatugevuse puudumist. Tuleb märkida, et need võrrandid on suvaliselt koostatud, illustreerimaks väljade kombinatsioonide hierarhilise struktuuri muutumist ajas miljardite elektromagnetlainete võimalike erinevate sageduste tõttu.

> Näiteks kui kahe erineva elektromagnetlaine sagedus on erinev, siis seega nende kahe erineva elektromagnetlaine elektrivälja tekkimine ja lakkamine ei toimu ühes ja samas faasis (s.t. ei toimu ühes ja samas rütmis). Sellest tulenevalt ei saa tekkida ka nende kahe välja omavahelist kombinatsiooni:
>
> $$\vec{E}=\vec{E}_1+\vec{E}_2$$
>
> ehk
>
> $$\vec{E}=\quad+\vec{E}_2$$
>
> Miljardite elektromagnetlainete korral võivad osad lained „võnkuda“ samas rütmis, kuid teised lained mitte.

Kuna me tekitasime „tühjad kastid“, näiteks võrrandisse:

$$\vec{E}=\left(\left(\left(\quad+\left(\vec{E}_2+\vec{E}_3\right)\right)+\left(\vec{E}_4+\left(\left(\vec{E}_5+\quad\right)+\vec{E}_7\right)\right)\right)+\left(\quad+\left(\vec{E}_9+\left(\quad+\vec{E}_{11}+\quad\right)\right)\right)\right)+$$

$$+\left(\left(\vec{E}_{13}+\quad\right)+\left(\left(\left(\quad+\vec{E}_{16}\right)+\left(\vec{E}_{17}+\quad\right)\right)+\left(\vec{E}_{19}+\quad\right)\right)\right)+\cdots+\vec{E}_n$$

siis seega võib selle sama võrrandi kirjutada ka kujule:

$$\vec{E}=\left(\left(\left(\vec{E}_2+\vec{E}_3\right)+\left(\vec{E}_4+\left(\vec{E}_5+\vec{E}_7\right)\right)\right)+\left(\vec{E}_9+\vec{E}_{11}\right)\right)+$$

$$+\left(\vec{E}_{13}+\left(\left(\vec{E}_{16}+\vec{E}_{17}\right)+\vec{E}_{19}\right)\right)+\cdots+\vec{E}_n$$

Võib väita, et need kaks võrrandit on tegelikult üks ja sama.

Kui me käsitleme elektromagnetlainete väljade kombinatsioonide hierarhilise struktuuri muutumist ajas ja ruumis, siis peab arvestama ka sellisel juhul ühe kindla asjaoluga:

> Eespool me väitsime, et teoreetiliselt võib väljade kombinatsioonide hierarhilise struktuuri võimalikke variante olla miljardeid või isegi miljardeid miljardeid. Seetõttu ei ole võimalik täpselt teada selle struktuuri muutumise dünaamikat ajas ja ruumis.

Selle mõistmiseks toome järgnevalt välja ühe näite. Näiteks ajahetkel t_1 võib väljade kombinatsioon esituda järgmiselt:

$$\vec{E} = \Big(\big(\big(\quad + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)\big) + \big(\vec{E}_4 + \big((\vec{E}_5 + \quad) + \vec{E}_7\big)\big)\big) + \big(\quad + \big(\vec{E}_9 + (\quad + \vec{E}_{11} + \quad)\big)\big)\Big) + \Big((\vec{E}_{13} + \quad) + \big(\big((\quad + \vec{E}_{16}) + (\vec{E}_{17} + \quad)\big) + (\vec{E}_{19} + \quad)\big)\Big) + \cdots + \vec{E}_n$$

ja ajahetkel t_2 võib see võtta sellise kuju:

$$\vec{E} = \Big(\big(\big(\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \quad)\big) + \big(\vec{E}_4 + \big((\quad + \vec{E}_6) + \quad)\big)\big) + \big(\vec{E}_8 + \big(\quad + (\vec{E}_{10} + \quad + \vec{E}_{12})\big)\big)\Big) + \Big((\quad + \vec{E}_{14}) + \big(\big((\vec{E}_{15} + \quad) + (\quad + \vec{E}_{18})\big) + (\quad + \vec{E}_{20})\big)\Big) + \cdots + \vec{E}_n$$

Kuid samas võib see olla hoopis teisuguse järjestusega. Näiteks ajahetkel t_1 võib väljade kombinatsioon avalduda hoopis selliselt:

$$\vec{E} = \Big(\big(\big(\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \quad)\big) + \big(\vec{E}_4 + \big((\quad + \vec{E}_6) + \quad)\big)\big) + \big(\vec{E}_8 + \big(\quad + (\vec{E}_{10} + \quad + \vec{E}_{12})\big)\big)\Big) + \Big((\quad + \vec{E}_{14}) + \big(\big((\vec{E}_{15} + \quad) + (\quad + \vec{E}_{18})\big) + (\quad + \vec{E}_{20})\big)\Big) + \cdots + \vec{E}_n$$

ja ajahetkel t_2 võib see esituda järgmiselt:

$$\vec{E} = \Big(\big(\big(\quad + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)\big) + \big(\vec{E}_4 + \big((\vec{E}_5 + \quad) + \vec{E}_7\big)\big)\big) + \big(\quad + \big(\vec{E}_9 + (\quad + \vec{E}_{11} + \quad)\big)\big)\Big) +$$

$$+\left(\left(\vec{E}_{13}+\quad\right)+\left(\left(\left(\quad+\vec{E}_{16}\right)+\left(\vec{E}_{17}+\quad\right)\right)+\left(\vec{E}_{19}+\quad\right)\right)\right)+\cdots+\vec{E}_n$$

Nende kahe võimaliku väljade kombinatsioonide järjestust ajas ja ruumis ei olegi võimalik täpselt teada, kuna selle võimalikke variantide arv ulatub miljardite elektromagnetlainete korral miljarditesse. See tähendab seda, et ei olegi võimalik täpselt teada, et millise hierarhilise struktuuri muutumise dünaamikaga on väljade kombinatsioonid elektromagnetlainete korral.

Kordame veelkord üle mõned olulised põhiseisukohad, mida eespool esitati:

1. Kui teoreetiliselt võib väljade kombinatsioonide hierarhilise struktuuri võimalikke variante olla miljardeid või isegi miljardeid miljardeid, siis tegelikult esineb nendest ainult üks variant.

2. Seda ühte varianti ei olegi võimalik täpselt teada. See tähendab seda, et ei olegi võimalik täpselt teada, et millise hierarhilise struktuurina on väljade kombinatsioonid elektromagnetlainete korral.

3. Eespool me väitsime, et teoreetiliselt võib väljade kombinatsioonide hierarhilise struktuuri võimalikke variante olla miljardeid või isegi miljardeid miljardeid. Seetõttu ei ole võimalik täpselt teada selle struktuuri muutumise dünaamikat ajas ja ruumis.

Miljardite elektromagnetlainete tõttu ongi väljade kombinatsioonide hierarhiline struktuur niivõrd keeruline ja kompleksne, et täpset infot selle kohta on peaaegu võimatu saada. Seetõttu peame arvestama üldiste seaduspärasustega, võimalikke variatsioonidega ja suurima tõenäosusega.

Kuid inimese subjektiivse kogemuse järgi saab väita, et eespool kirjeldatud inimese ajus olevate väljade süsteemis:

$$\vec{E}=\left(\left(\left(\quad+\left(\vec{E}_2+\vec{E}_3\right)\right)+\left(\vec{E}_4+\left(\left(\vec{E}_5+\quad\right)+\vec{E}_7\right)\right)\right)+\left(\quad+\left(\vec{E}_9+\left(\quad+\vec{E}_{11}+\quad\right)\right)\right)\right)+$$

$$+\left(\left(\vec{E}_{13}+\quad\right)+\left(\left(\left(\quad+\vec{E}_{16}\right)+\left(\vec{E}_{17}+\quad\right)\right)+\left(\vec{E}_{19}+\quad\right)\right)\right)+\cdots+\vec{E}_n$$

tekib teadvus ja psüühiline tegevus. See tähendab seda, et teadvuse ja psüühilise tegevuse esinemine eespool kirjeldatud ajus olevate väljade süsteemis on kindel fakt hoolimata sellest, et teadvuse ja psüühilise tegevuse täpne tekkimine ja kujunemine ei ole tegelikult teada. Ainus täpne ja kindel info ongi see, et ajus esinevate väljade süsteemis tekib teadvus ja psüühiline tegevus. Seda tõestavad objektiivsed ajuteaduslikud katsed ja inimese subjektiivne kogemus: teadvus on ajus.

Kuna eespool kirjeldatud inimese ajus olevate väljade süsteemis tekib teadvus ja psüühiline tegevus, siis seega peaks tekkima inimese teadvus ja psüühika ka elektromagnetlainete väljade süsteemis:

$$\psi=\left(\left(\left(c_1\psi_1+\left(c_2\psi_2+c_3\psi_3\right)\right)+\left(c_4\psi_4+\left(\left(c_5\psi_5+c_6\psi_6\right)+c_7\psi_7\right)\right)\right)+\left(c_8\psi_8+\left(c_9\psi_9+\left(c_{10}\psi_{10}+c_{11}\psi_{11}+c_{12}\psi_{12}\right)\right)\right)\right)+$$

$$+\left((c_{13}\psi_{13}+c_{14}\psi_{14})+\left(((c_{15}\psi_{15}+c_{16}\psi_{16})+(c_{17}\psi_{17}+c_{18}\psi_{18}))+(c_{19}\psi_{19}+c_{20}\psi_{20})\right)\right)+\cdots$$
$$+c_n\psi_n$$

ehk

$$\vec{E}=\left(\left(\left(\quad\right)+(\vec{E}_2+\vec{E}_3)\right)+\left(\vec{E}_4+\left((\vec{E}_5+\quad)+\vec{E}_7\right)\right)\right)$$
$$+\left(\quad+\left(\vec{E}_9+(\quad+\vec{E}_{11}+\quad)\right)\right)\Bigg)+$$

$$+\left((\vec{E}_{13}+\quad)+\left(\left(\left(\quad\right)+\vec{E}_{16}\right)+(\vec{E}_{17}+\quad)\right)+(\vec{E}_{19}+\quad)\right)\Bigg)+\cdots+\vec{E}_n$$

Sarnaselt teadvuse ja psüühika tekkimisega eespool kirjeldatud ajus olevate väljade süsteemis, ei ole teadvuse ja psüühilise tegevuse täpne tekkimine ja kujunemine ka elektromagnetlainete korralgi teada. Kuid sellest hoolimata peaks see olema kindel fakt, sarnaselt teadvuse ja psüühilise tegevuse esinemisega eespool kirjeldatud ajus olevate väljade süsteemis. See tähendab seda, et kui ajus esinevate väljade süsteemis tekib inimese teadvus ja psüühiline tegevus, siis peab seda tekkima ka elektromagnetlainete väljade süsteemis, kuna eespool esitatud matemaatilised mudelid ühtivad omavahel väga täpselt kokku.

Kui inimese närvisüsteemist „eralduvad“ väljad, siis see tegelikult veel automaatselt ei taga inimese teadvuse ja psüühika eksisteerimist väljaspool inimese bioloogilist keha. See tähendab seda, et väli või elektromagnetlaine ise üksinda ei oma mingit infot ega mingisugust teadvuse elementi. Need väljad, mis eralduvad inimese ajust, peavad vastama kahele väga olulisele tingimusele:

1. väljad peavad olema arvuliselt vähemalt sama palju kui seda on neuronite loodud väljad inimese bioloogilises ajus. Näiteks neuroneid on inimese ajus hinnanguliselt 86 miljardit.

2. need eraldunud väljad peavad olema üksteise suhtes „ruumiliselt“ täpselt samasuguses konfiguratsioonis nii nagu on neuronite poolt tekitatud väljade ruumiline paiknemine ja omavaheline interaktsioon inimese ajus.

Ajust eralduvad väljad kõikjal kus esinevad elektrilised impulsid ja elektrilised impulsid eksisteerivad kogu inimese närvisüsteemi ulatuses – kõikides ajuosades ja närvisüsteemi piirkondades. Seega on eralduvate väljade arvukus vähemalt sama palju (tegelikult isegi kordades suuremgi) kui inimese närvisüsteemis ja ka kõikide nende väljade ruumilised konfiguratsioonid üksteise suhtes jäävad täpselt samasugusteks võrreldes 86 miljardi laetud neuroni väljadega inimese ajus. Sellest järeldub see, et sellises ajust eraldunud väljade süsteemis „peaks“ säilima inimese teadvus ja psüühiline tegevus.

2.2.20.12.1 „Impulsid“ väljade süsteemis

Neuronite (ja neuronipopulatsioonide) aktiivsused on seotud närviimpulsside liikumistega närvikoes. Näiteks kui impulss saabub neuronisse (neuronipopulatsiooni), siis muutub neuronipopulatsioon aktiivseks. See tähendab seda, et mingi ajupiirkonna aktiivsus tähendab (info) impulsside vastuvõtmist, töötlemist või edasi saatmist. Seda sellepärast, et neuronite aktivatsioon ja impulside liikumine ajus on omavahel väga tihedalt seotud. Membraanipotsentsiaali ja aktsioonipotentsiaalide vahel on väga tugev seos, kuid membraanipotentsiaalis võib esineda palju muutusi, mis aktsioonipotentsiaalides ei kajastu. Neuron või neuronite populatsioon aktiveerub alati siis, kui neile saabub impulss (nad võtavad impulsse vastu) või siis, kui nad ise saadavad impulsi mõnele teisele neuronile. Neuronite süsteemide aktiivsuste suurenemist või vähenemist mõistetakse närviimpulsside sageduse muutumisena. Aktiivsustel võivad olla ajalised mustrid ja rütmid.

Inimese ajus liiguvad ringi miljardid närviimpulsid. Elektriimpulss liigub ajus kiirusega umbes 360 km/h. Need impulsid ei liigu ajus ringi suvaliselt, vaid mööda kindlaid trajektoore. Näiteks visuaalne informatsioon (ehk impulsid) jõuab silmast ajju esmasesse visuaalsesse korteksisse just läbi talamuse lateraalse põlvkeha. Kuid edasi läheb info juba kõrgematesse visuaalsetesse keskustesse. Uuringutest on selgunud tõsiasi, et kui ühe ajupoolkera esmane visuaalne korteks saab kahjustatud, siis sellisel juhul jõuab info (ehk impulsid) talamuse lateraalse põlvkehalt otse kõrgematesse visuaalsetesse keskustesse. Kuid mis trajektoore kõik need aju impulsid siiski liiguvad, see tulebki tulevikus eksperimentaalselt kaardistada. Seda veel lõpuni ei teata. Kui aga teatakse kõikide ajus olevate impulsside liikumiste trajektoore, siis ilmselt annab see teada ka sellest, et kuidas aju põhimõtteliselt töötab.

Suur osa sensoorsetest signaalidest (ehk impulsid) läbivad taalamuse piirkonna. Edasi hakkavad neid signaale töötlema aju kõrgemad keskused (näiteks ajukoor). Taalamus on seega kontrollkeskus ja võimalik sõlmimisala (impulsside koondumise piirkond). Kuid taalamusse tulevad impulsid ajukoorest tagasi (tagasi-sidestatud süsteem). Selle kaudu töödeltakse inimese tunnetusprotsesse ja käitumist (mis sõltub inimese seisundist, tähelepanust, huvidest ja eesmärkidest). Seega ajus liikuvad impulsid hajuvad ja koonduvad ning siis jälle hajuvad ja koonduvad jne jne. See tähendab seda, et ajus liiguvad impulsid „ringi-ratast“. Kui aga taalamuse intralaminaarsete tuumade ühendused ajukoorega on kahjustada saanud, kaotab inimene enamasti teadvuse.

Impulsside liikumist ja levimist aju neuronipopulatsioonides mõjutavad ka neuronite omavahelised sünaptilised ühendused. Näiteks Tononi ja Cirelli tõestasid, et kui inimene magab sügavat und, siis väheneb ühtlaselt tal ajus olevad sünaptilised ühendused. See aitab võimaldada vähendada energiatarbimist ja samas ka mälusisud salvestuvad paremini. See tähendab ka seda, et ärkvelolekus suureneb ajus sünapsite ühendused, kuid sügava une ajal vähenevad ühtlaselt need sünapsite ühendused. Need kaks eri tahku kompenseerivad üksteist. Kui inimese une ajal vähenevad ajus olevate neuronite sünaptilised ühendused, siis järelikult ei saa impulsid ajus enam nii vabalt liikuda. Seda võimaldavad sünaptilised ühendused on tohutult vähenenud.

Tihedate rakkudevaheliste ühenduste kaudu suhtlevad mõned neuronid elektriliselt. See tähendab seda, et inimese närvisüsteemis oleva informatsiooni keemiline edastamine ei ole alati sünaptiline. Näiteks tuumad, mis paiknevad ajutüves, kontrollivad eesajus olevaid suuri piirkondi pikkade aksonitega, mille kulgemise teel vabastatakse virgatsaineid. Need neurotransmitterid valguvad aju koes laiali, mis põhjustab kõikide ettejäävate neuronite erutumise, kui nendel neuronitel on seda virgatsainete vastuvõtvad retseptorid. See on hämmastav mehhanism, sest piisab ainult ühe neuroni tegevuspotentsiaali vallandumisest, et aktiveerida väga kiiresti ajukoore neuroneid otsmikusagarast kuni kuklasagarani välja. Kindlaks on tehtud, et selline neuromehhanism on seotud püsiva tähelepanu säilimisega ja tähelepanufookuse vahetamisega.

Inimese ajus olevad neuronid laenglevad ajas perioodiliselt. Elektrilaeng tekitab ruumis elektrivälja. Kuid ajus levivad elektriimpulsid määravad ära neuronite laenglemiste sageduse ja ka järjekorra neuronipopulatsioonis. See tähendab ka seda, et elektriimpulside liikumine ja ka nende trajektoorid inimese ajus on aluseks sellisele neuronipopulatsioonide elektrilisele füsioloogiale, mis määrab ära inimese teadvusliku ja psüühilise tegevuse. Kuid ajust eraldunud väljade süsteemis puuduvad „elektrilise impulsi“ olemasoluks vajalikud neuronaalsed struktuurid. See tähendab seda,

et väljade süsteemis peab „info“ liikumine avalduma kuidagi teisiti võrreldes inimese ajus esineva „info“ liikumisega.

Kuna ajust eraldunud väljade süsteemis puuduvad „elektrilise impulsi“ olemasoluks vajalikud neuronaalsed struktuurid, siis seega analüüsime järgnevalt seda, et kuidas võiks väljade muutuste levimine toimuda ajust eraldunud väljade süsteemis. Selleks alustame eespool esitatud jada summa võrrandist:

$$\vec{E} = \left(\left((\vec{E}_2 + \vec{E}_3) + \left(\vec{E}_4 + (\vec{E}_5 + \vec{E}_7)\right)\right) + (\vec{E}_9 + \vec{E}_{11})\right) +$$

$$+ \left(\vec{E}_{13} + \left((\vec{E}_{16} + \vec{E}_{17}) + \vec{E}_{19}\right)\right) + \cdots + \vec{E}_n$$

mis kirjeldas ajust eraldunud väljade süsteemi võimalikku hierarhilist struktuuri ja selle ajalist dünaamikat. Kuid selline võrrand tuletati omakorda veelgi pikemast jada summa võrrandist:

$$\vec{E} = \left(\left((\quad + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)) + \left(\vec{E}_4 + \left((\vec{E}_5 + \quad) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right.$$

$$\left. + \left(\quad + \left(\vec{E}_9 + (\quad + \vec{E}_{11} + \quad)\right)\right)\right) +$$

$$+ \left((\vec{E}_{13} + \quad) + \left(\left((\quad + \vec{E}_{16}) + (\vec{E}_{17} + \quad)\right) + (\vec{E}_{19} + \quad)\right)\right) + \cdots + \vec{E}_n$$

milles olevad tühjad kastid tähistasid väljade puudumist. Viimane avaldis tuletati omakorda järgmisest jada summa võrrandist:

$$\vec{E} = \left(\left((\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)) + \left(\vec{E}_4 + \left((\vec{E}_5 + \vec{E}_6) + \vec{E}_7\right)\right)\right) + \left(\vec{E}_8 + \left(\vec{E}_9 + (\vec{E}_{10} + \vec{E}_{11} + \vec{E}_{12})\right)\right)\right) +$$

$$+ \left((\vec{E}_{13} + \vec{E}_{14}) + \left(\left((\vec{E}_{15} + \vec{E}_{16}) + (\vec{E}_{17} + \vec{E}_{18})\right) + (\vec{E}_{19} + \vec{E}_{20})\right)\right) + \cdots + \vec{E}_n$$

Kuid järgneva analüüsi paremaks mõistmiseks lihtsustame viimast võrrandit nii, et võtame antud võrrandist osad liikmed ära:

$$\vec{E} = \left(\left((\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)) + \left(\vec{E}_4 + \left((\vec{E}_5 + \vec{E}_6) + \vec{E}_7\right)\right)\right) + \left(\vec{E}_8 + \left(\vec{E}_9 + (\vec{E}_{10} + \vec{E}_{11} + \vec{E}_{12})\right)\right)\right)$$

Tulemuseks peame saama sellise jada summa võrrandi kuju:

$$\vec{E} = \left(\left((\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)) + \left(\vec{E}_4 + \left((\vec{E}_5 + \vec{E}_6) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

mida oleks oluliselt lihtsam analüüsida ja redigeerida.

Järgnevalt oletame, et väli $\vec{E}_2$ „muutub“, mis on võrrandis tähistatud punase värviga:

$$\vec{E} = \left(\left((\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)) + \left(\vec{E}_4 + \left((\vec{E}_5 + \vec{E}_6) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

Kuna välja $\vec{E}_2$ muutumine peab põhjustama ka teiste väljade muutumise, siis sellisel juhul tekib küsimus, et kumb väli ($\vec{E}_1$ või $\vec{E}_3$) muutub esimesena. Mõlemad väljad on võrrandis väljale $\vec{E}_2$ sama lähedal. Õige lahendus olekski ilmselt see, et võrrandi sulud määravad ära väljade muutumiste järjekorra ajas ja ruumis. Sellest järeldub, et väli $\vec{E}_3$ peab muutuma esimesena:

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + \left(\vec{E}_2 + \vec{E}_3\right)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left(\left(\vec{E}_5 + \vec{E}_6\right) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

ja alles siis muutub väli $\vec{E}_1$:

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + \left(\vec{E}_2 + \vec{E}_3\right)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left(\left(\vec{E}_5 + \vec{E}_6\right) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

> MÄRKUS: Tekib küsimus, et miks välja $\vec{E}_2$ muutumine peab põhjustama ka teiste väljade muutumise? Vastus sellele küsimusele seisneb selles, et antud väljad eksisteerivad hyperruumis, milles võrdub aja ja ruumi intervall nulliga. Seetõttu on kõik väljad omavahel „seotud“ sarnaselt nii nagu kvantpõimumise korral osakeste kvantfüüsikas. Näiteks kvantpõimumise korral kaasneb ühe osakese oleku muutumisega automaatselt ka teiste osakeste oleku muutus, mis toimub kõigest 0 sekundiga ja ei sõltu osakeste vahekaugustest.

Arvestades väljade muutuste järjekorda võime väljad nummerdada nii, et millises järjekorras muutuvad väljad. Antud juhul võime kirjutada:

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_3 + \left(\vec{E}_1 + \vec{E}_2\right)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left(\left(\vec{E}_5 + \vec{E}_6\right) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

Kuid edasine väljade muutuste käekäik on juba palju keerulisem, kuna võimalusi on rohkem. Näiteks üks võimalus olekski see, et väljad muutuvad ikkagi „asukoha põhiselt“ ehk „ruumilises järjekorras“, mis tähendab seda, et ruumiliselt lähemal olevad väljad muutuvad esimestena ja pärast seda kaugemal olevad väljad:

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + \left(\vec{E}_2 + \vec{E}_3\right)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left(\left(\vec{E}_5 + \vec{E}_6\right) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + \left(\vec{E}_2 + \vec{E}_3\right)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left(\left(\vec{E}_5 + \vec{E}_6\right) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + \left(\vec{E}_2 + \vec{E}_3\right)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left(\left(\vec{E}_5 + \vec{E}_6\right) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + \left(\vec{E}_2 + \vec{E}_3\right)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left(\left(\vec{E}_5 + \vec{E}_6\right) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

Teise võimaluse korral peame ikkagi arvestama võrrandis esinevate suludega, mis võib ära määrata väljade muutuste järjekorra ajas ja ruumis. Näiteks kui võrrandi üks „sektor“ on täielikult muutunud (võrrandis on see tähistatud punase värviga):

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left((\vec{E}_5 + \vec{E}_6) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

siis seega põhjustab see kogu teise sektori muutumise (võrrandis on see tähistatud rohelise värviga):

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left((\vec{E}_5 + \vec{E}_6) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

See tähendab seda, et ühe sektori muutus

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left((\vec{E}_5 + \vec{E}_6) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

põhjustab automaatselt ka teise sektori muutuse ja seda kogu ulatuses:

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left((\vec{E}_5 + \vec{E}_6) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

Küsimus on nüüd selles, et millises järjekorras muutuvad teises sektoris olevad väljad. Ka sellisel juhul on olemas kaks erinevat võimalust. Esimese võimaluse korral muutuvad väljad nii, et võrrandi suludest väljapool olevad väljad muutuvad esimesena ja pärast seda muutuvad võrrandi suludes olevad väljad. Näitame seda järgnevalt:

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left((\vec{E}_5 + \vec{E}_6) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left((\vec{E}_5 + \vec{E}_6) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left((\vec{E}_5 + \vec{E}_6) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left((\vec{E}_5 + \vec{E}_6) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

Ka sellisel juhul esineb asukoha põhine väljade muutus. Näiteks sulgudes olev väli $\vec{E}_6$ muutus esimesena (mitte väli $\vec{E}_5$), kuna see on väljale $\vec{E}_7$ võrrandis „ruumiliselt lähemal“. Kui võrrand oleks esitatud kujul:

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + (\vec{E}_2 + \vec{E}_3)\right) + \left(\vec{E}_4 + \vec{E}_5 + \left((\vec{E}_6 + \vec{E}_7) + \vec{E}_8\right)\right)\right)\right)$$

siis sellisel juhul esineks samuti asukoha põhine väljade muutus, mille korral muutuks sulgudes olev väli $\vec{E}_4$ esimesena (mitte väli $\vec{E}_5$), kuna see oleks esimesele sektorile võrrandis „ruumiliselt lähemal“. Esimene sektor on võrrandis tähistatud punase värviga. Teise võimaluse korral muutuvad väljad nii, et võrrandi suludes olevad väljad muutuvad esimesena ja pärast seda muutuvad võrrandi

suludest väljapool olevad väljad. Näitame seda järgnevalt:

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + \left(\vec{E}_2 + \vec{E}_3\right)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left(\left(\vec{E}_5 + \vec{E}_6\right) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + \left(\vec{E}_2 + \vec{E}_3\right)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left(\left(\vec{E}_5 + \vec{E}_6\right) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + \left(\vec{E}_2 + \vec{E}_3\right)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left(\left(\vec{E}_5 + \vec{E}_6\right) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + \left(\vec{E}_2 + \vec{E}_3\right)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left(\left(\vec{E}_5 + \vec{E}_6\right) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + \left(\vec{E}_2 + \vec{E}_3\right)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left(\left(\vec{E}_5 + \vec{E}_6\right) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

Ka sellisel juhul esineb asukoha põhine väljade muutus. Näiteks sulgudes olev väli $\vec{E}_6$ muutus esimesena (mitte väli $\vec{E}_5$), kuna see on sulgudest väljapool olevale väljale $\vec{E}_7$ võrrandis ruumiliselt lähemal.

Arvestades väljade muutuste järjekorda võime väljad nummerdada nii, et millises järjekorras muutuvad väljad. Antud juhul võime kirjutada:

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_3 + \left(\vec{E}_1 + \vec{E}_2\right)\right) + \left(\vec{E}_7 + \left(\left(\vec{E}_5 + \vec{E}_4\right) + \vec{E}_6\right)\right)\right)\right)$$

Siinkohal peab märkima seda, et kui aegruumis olevate laengute süsteemi väljatugevus võrdub üksikutest laengutest põhjustatud väljatugevuste vektoriaalse summaga:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

siis sarnaselt eelnevaga toimib ka erinevate elektromagnetlainete väljade omavaheline vastastikmõju hyperruumis:

$$E = E_1 + E_2$$

mille võrrandis ei ole vektoriaalset märgistust (s.t. vektori märki ehk „noolt“). Kuid antud peatükis ja ka eelnevates peatükkides me kasutasime just vektoriaalset kuju:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

kuna elektromagnetlainetes esinevad elektri- ja magnetväljad. Tõenäoliselt kasutame sellist kuju ka edaspidi.

Lõppkokkuvõttes võib väita seda, et väljade muutuste hierarhiline järjekord ajas ja ruumis ei olegi tegelikult võimalik täpselt teada, kuna selle võimalikke variantide arv võib miljardite elektromagnetlainete korral ulatuda miljarditesse. See tähendab seda, et ei ole võimalik täpselt teada, et millises hierarhilises järjekorras võivad väljad muutuda miljardite elektromagnetlainete korral. Kuid tegelikult ei olegi see niivõrd oluline.

Oluline on see, et inimese ajust eralduvad väljad kõikjal kus esinevad elektrilised impulsid:

1. Kuna elektrilised impulsid eksisteerivad kogu inimese närvisüsteemi ulatuses (kõikides ajuosades ja kõikides närvisüsteemi piirkondades), siis seega jäävad kõikide nende väljade ruumilised konfiguratsioonid üksteise suhtes täpselt samasugusteks võrreldes 86 miljardi laetud neuroni väljadega inimese ajus.

2. Eelmisest punktist on võimalik järeldada, et sellises ajust eraldunud väljade süsteemis peaks säilima ka selline väljade muutuste hierarhiline süsteem, mis sarnaneks suures ulatuses inimese ajus olevate väljade muutuste hierarhilise süsteemiga.

Sellisel juhul esineb võimalus (nullist erinev võimalus/tõenäosus), et ajust eraldunud väljade süsteemis „säilib“ inimese selline teadvus ja psüühiline tegevus, mis esines ka tema eluajal.

Kuna inimese ajus olevad neuronid laenglevad ainult siis, kui neuronisse suubub elektriimpulss või kui neuronist väljub elektriimpulss ehk seega neuronitel ei ole laengud ajas püsivad (s.t. neuronid ajas perioodiliselt laenglevad), siis seetõttu saime eespool olevat võrrandit:

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + \left(\vec{E}_2 + \vec{E}_3\right)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left(\left(\vec{E}_5 + \vec{E}_6\right) + \vec{E}_7\right)\right)\right) + \left(\vec{E}_8 + \left(\vec{E}_9 + \left(\vec{E}_{10} + \vec{E}_{11} + \vec{E}_{12}\right)\right)\right)\right) +$$

$$+ \left(\left(\vec{E}_{13} + \vec{E}_{14}\right) + \left(\left(\left(\vec{E}_{15} + \vec{E}_{16}\right) + \left(\vec{E}_{17} + \vec{E}_{18}\right)\right) + \left(\vec{E}_{19} + \vec{E}_{20}\right)\right)\right) + \cdots + \vec{E}_n$$

esitada järgmisel kujul:

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\quad + \left(\vec{E}_2 + \vec{E}_3\right)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left(\left(\vec{E}_5 + \quad\right) + \vec{E}_7\right)\right)\right) + \left(\quad + \left(\vec{E}_9 + \left(\quad + \vec{E}_{11} + \quad\right)\right)\right)\right) +$$

$$+ \left(\left(\vec{E}_{13} + \quad\right) + \left(\left(\left(\quad + \vec{E}_{16}\right) + \left(\vec{E}_{17} + \quad\right)\right) + \left(\vec{E}_{19} + \quad\right)\right)\right) + \cdots + \vec{E}_n$$

Selline võrrand esitus ajahetkel t_1. Tühjad kastid tähendasid laengu puudumist, mille tulemusena puudub ka laengu väljatugevus. Antud võrrandi kuju võis esituda ajahetkel t_2 järgmiselt:

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + \left(\vec{E}_2 + \quad\right)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left(\left(\quad + \vec{E}_6\right) + \quad\right)\right)\right) + \left(\vec{E}_8 + \left(\quad + \left(\vec{E}_{10} + \quad + \vec{E}_{12}\right)\right)\right)\right) +$$

$$+ \left(\left(\quad + \vec{E}_{14}\right) + \left(\left(\left(\vec{E}_{15} + \quad\right) + \left(\quad + \vec{E}_{18}\right)\right) + \left(\quad + \vec{E}_{20}\right)\right)\right) + \cdots + \vec{E}_n$$

Tühjad kastid tähendasid jällegi väljatugevuse puudumist elektrilaengu puudumise tõttu. Tühjad kastid näitavad selliste neuronite olemasolu, mis parajasti ei laengle. Kuna need võrrandid kirjeldavad inimese ajus olevate väljade kombinatsioonide hierarhilise struktuuri muutumist ajas neuronite perioodiliste laenglemiste tõttu, siis seega võime tegelikult ka sellisel juhul „rakendada“ antud peatükis kirjeldatud väljade muutumise hierarhilise järjekorra põhimõtet:

$$\vec{E} = \left(\left(\left(\vec{E}_1 + \left(\vec{E}_2 + \vec{E}_3\right)\right) + \left(\vec{E}_4 + \left(\left(\vec{E}_5 + \vec{E}_6\right) + \vec{E}_7\right)\right)\right)\right)$$

Kuid sellisel juhul kirjeldab see mitte ajust eraldunud väljade süsteemis olevate väljade muutumiste hierarhilist järjekorda, vaid inimese ajus olevate neuronite laenglemiste hierarhilist järjekorda.

2.2.20.12.2 Telepaatia

Eespool tuletatud superpositsiooni võrrand:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

võis kirjeldada osakeste spinnide kvantpõimumist:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

kuid samas ka energiate summat:

$$E = E_1 + E_2$$

Kuna viimast võrrandit kasutasime just elektromagnetlainete väljade juhul, siis võib sellest järeldada seda, et väljade muutuste levimise kiirus eespool kirjeldatud väljade süsteemis toimub silmapilkselt (ehk 0 sekundiga), kuna selle olemus on seotud kvantpõimumise nähtusega, mille korral edastatakse infot samuti silmapilkselt.

> Näiteks kahe osakese kvantpõimumisel muutub ühe osakese olek teise osakese oleku muutumise tõttu silmapilkselt ja seda mistahes vahemaa korral Universumis. Kvantpõimumine toimub osakeste spinnide olekute vahel.

Sellest võib omakorda järeldada seda, et kehast väljunud inimese ja ka ebamaise valgusolendi mõtlemise ja mõtete kiirused võivad toimuda silmapilkselt. Surmalähedaste kogemustega inimesed on rääkinud, et vaimsed võimed (näiteks mälu, mõtlemine jne) on erakordselt selged ja reaktsioonid on ebaloomulikult kiired. Näiteks paljudel inimestel tekib kehavälises olekus ja ka ebamaise valgusolendi juuresolekul mistahes mõistmine ja mõtlemine silmapilkselt ja täielikult.

Pole kahtlustki, et selline asjaolu võib tuleneda sellest, et väljade muutuste levimise kiirus väljade süsteemis toimub silmapilkselt (ehk 0 sekundiga), kuna selle olemus on seotud kvantpõimumise nähtusega, mille korral edastatakse infot samuti silmapilkselt.

> Kuid inimese bioloogilise keha korral (s.t. mitte kehast väljumise korral) sõltub inimese mõtlemiskiirus näiteks ajupiirkondade omavahelisest seostamisest. Näiteks uuringud on näidanud seda, et kõrge intelligentse inimese aju korral läbib elektriline signaal ühest ajupiirkonnast teise enamasti väiksemate ühendusteede kaudu kui seda madalama intelligentsusega inimeste korral. Inimeste aeglane mõtlemiskiirus võib seega tuleneda sellest, et nende ajud kasutavad info edastamiseks ühest ajupiirkonnast teise väga vähe otseseid ühendusteid. Väga kõrge intelligentse inimese korral kasutab aju aga just väga sageli otseseid ühendusteid, mis tagavad info väga kiire liikumise aju ühest piirkonnast teise jõudmiseks.

Kuna väljade süsteemis esinevad kvatpõimumisega olemuslikult seotud ilmingud, siis seega võib see omakorda vihjata ka telepaatia võimalusele, mis võib kehast väljunud inimesel ja ka ebamaisel valgusolendil päriselt esineda.

Telepaatia mõiste all mõeldakse tavaliselt seda, et inimeste mõtted edastatakse teistele inimestele mitte heli abil (nagu igapäevase rääkimise korral), vaid ainult „mõtte“ abil. Kuid telepaatia vorm võib olla sellest tegelikult palju laiem. Näiteks edastatakse infot ainult mõttega, kusjuures info sisu ei pea olema ainult heli vormis, vaid need võivad olla ka maitsmis, haistmis, kompimis ja visuaalses vormis. Näiteks võib inimestele edastada telepaatia abil muusikat, jäätise maitset, lõhnaõli aroomi jne. Peale nimetatute võib telepaatilisel teel edastada ka erinevaid emotsioone, tajuelamusi ja tundmusi. Nii et telepaatia mõiste ei pea piirduma ainult heli edastamisega mõtte abil.

> Telepaatia mõiste: telepaatia teel on isik A võimeline oma enda teadvuse sisude põhjal juhtima või muutma isiku B teadvuse sisusid.
>
> Empaatia: inimese empaatia on psühhoneuroloogiline võime vahetult tajuda teiste inimeste tundeid ja seega on empaatia „piltlikult väljendades“ telepaatia üks vormidest.

Inimese kehavälise olekuga kaasneb telepaatia võimalus, mis võimaldab imelisi tajuelamusi „sõnadeta“ teistega jagada. Surmalähedaste kogemuste ajal on inimene väljunud oma kehast, mis iseenesest ei tekita mitte mingeid imelisi telepaatilisi teadvuseseisundeid. Alles mingi valgusolendi juuresolekul tajub kehast väljunud inimene ülima armastuse ja rõõmu tunnet. See „lähtub“ otseselt just valgusolendist, kes oma erakordse telepaatilise võimega „sängitab“ saabunud inimest oma imeliste tajuelamustega. Võib öelda, et inimese füüsilise keha muutumisega (s.t. kehast väljumisega) kaasneb ka teadvusliku telepaatia võimalus. Aegruumi füüsika võib seletada valgusolendi telepaatilise võime toimimist.

> Surmalähedaste kogemuste ehk SLK nähtustes esinevad valgusolendid, kes suhtlevad kehast väljunud ehk antud juhul ajutiselt surnud inimesega just telepaatilisel teel. Valgusolendi juuresolekul tajuvad inimesed sageli seletamatut õndsuse ja rõõmu tunnet. Ka seda võib tõlgendada kui telepaatilise suhtlusena, sest õndsuse tunne „lähtub“ just valgusolendist, kes parajasti kehast väljunud inimest tervitama tuleb. Emotsioonide ja tundmuste edastamine inimestele mittefüüsilisel teel on samuti telepaatia üks vorme. Need leiavad väga sageli aset SLK-de korral, mil inimene on väljunud oma kehast.

Neuroteadusest on teada, et inimese ajus esineva teadvuse olemus seisneb virtuaalse reaalsuse tekkimises ümbritsevast objektiivsest maailmast. Inimese kehast väljunud olekus ehk surmalähedaste kogemuste ajal esinevad sageli väga võimsad ja pealtnäha üsna realistlikud visualisatsioonid, mille tekkimiste päritolu on vahel teada, kuid enamasti jäävad mõistetamatuks.

> Näiteks valgusolendi juuresolekul võib inimesel avaneda võimalus näha oma seni elatut maiset elu, mis ilmub tema ette erakordse kolmemõõtmelise panoraamina ehk visualisatsioonina. Seal näeb ta kõiki oma elusündmusi. Selles on võimalik detailselt näha inimese kogu elatud elu. Inimene tunnetab oma tegude mõju teistele inimestele, mis ta maises elus korda on saatnud. Inimene tajub teiste inimeste teadvuses esinevat rõõmu ja rahulolu või valu ja piina, vastavalt sellele, mida ta on teistele inimestele põhjustanud. „Tagasivaate“ ajal viibib valgusolend inimese kõrval.
>
> Surmalähedastes kogemustes on nähtud ka ebamaiseid ja üsna grotesksete välimustega olendeid ning erinevaid paikasid. Kehast väljunud inimesed on pärast ellu äratamist rääkinud, et nad on „käinud“ imeilusates ja valgusküllastes paikades või kohutavates põrgumaailma meenutavates paikades. Inimesed on „näinud“ nii

> põrgutuld kui ka imelisi taevamaastikke. Inimesed on „kohtunud“ nii oma kadunud tuttavate ja pereliikmetega kui ka ebamaiste olenditega. Kõik sellised visualisatsioonid on äärmiselt võimsad, sügavale mällu süübivad ja väga usutavad. Kuid sellegipoolest on alust arvata, et selliseid ülivõimsaid ja väga usutavaid visualisatsioone (välja arvatud kohtumised oma lahkunud tuttavate ja pereliikmetega) loovad tegelikult valgusolendid oma imeliste telepaatiliste võimetega, kes kehast väljunud inimestega parajasti kohtuma tulevad.

Selline asjaolu viitab sellele, et keha välises olekus kasutavad valgusolendid telepaatilise võime baasil sellist virtuaalse maailma tekkimist erinevate vajaduste rahuldamiseks. See tähendab seda, et telepaatia abil edastatakse teistele isikutele visuaalseid elamusi ja tajumodaalsusi.

> Näiteks Jaron Lanier on juba varem välja käinud idee, et virtuaalreaalsus võib osutuda keele kommunikatsioonist uueks võimaluseks inimeste vaheliseks suhtlemiseks. Virtuaalses reaalsuses luuakse realiteete, nendest enam ei räägita. See tähendab seda, et seal ei kirjeldata neid, vaid neid luuakse. Sellise virtuaalreaalsusega looksime absoluutselt kõike seda, mida muidu peame looma reaalsete ehk füüsiliste (tehnoloogiliste) vahenditega, näiteks arvuti animatsiooniga. Selline võimalus, mis varem esines ainult psühhiaatriliste hälvetega inimestel, kasutatakse teadlikult ära tervetel inimestel. Näiteks skisofreenikud võivad näha erinevaid hallutsinatsioone, mida tegelikult (s.t. objektiivselt) ei eksisteeri.

Telepaatia üheks seletuseks pakutakse „Kirliani efekti“. Seda nimetatakse meeltevälise taju (näiteks telepaatia) võimalikkust sellisena, et inimese aju on võimeline tajuma väikeste sagedustega elektromagnetlaineid. Kõik kehad kiirgavad vähesel määral teatud sagedustega elektromagnet-laineid. Soojuskiirgus on ainult üks nendest. Arvatakse, et elusate ja elutute kehade kiirguste lainepikkused on erinevad. Seda kiirgust on jäädvustatud ka fotode peal, mille põhjal on hinnatud ka inimeste tervislikke seisundeid.

> Telepaatiline kommunikeerumine „koosneb“ informatsiooni vastuvõtjast ja informatsiooni saatjast, mis on analoogiline raadiosidega. See tähendab ka seda, et kui eksisteerib üks nendest, siis peab eksisteerima ka teine.
>
> Telepaatia korral peavad näiteks kahe inimese teatud kindlad ajupiirkonnad olema ühesuguse aktiivsusega. Näiteks inimene A „saadab“ telepaatilisel teel inimesele B oma enda mõtetes oleva kujutise teletornist. Järelikult inimeste A ja B teatud kindlates ajupiirkondades peavad tekkima täpselt ühesugused ajuaktiivsused kujutamaks teletorni.

Kuid Kirliani efekt, mida on pakutud telepaatia üheks võimalikuks seletuseks, ei saa siiski telepaatia toimimist faktide põhiselt seletada. Kvantfüüsikast tuntud kvantpõimumine võib seletada telepaatia toimimise mehhanismi, kuna ajust eraldunud väljade süsteemis esinevad just kvatpõimumisega olemuslikult seotud ilmingud.

Inimese ajust eraldunud väljade süsteemis puuduvad „elektrilise impulsi“ olemasoluks vajalikud neuronaalsed struktuurid ja väljade ruumilised ulatused on võrreldes neuronite laengute väljadega palju lokaalsemad, mistõttu ei saa väljad üksteisega otsest kontakti luua nii nagu seda teevad neuronite laengute väljad inimese ajus.

Eespool me näitasime seda, et laetud neuronite elektriväljad mõjutavad otseselt teiste laetud neuronite elektrivälju. Selle tulemusena tekib elektrilaengute väljade omavaheline konfiguratsioon (s.t. elektrilaengute väljade liitumine).

Niisamuti ka erinevate elektromagnetlainete väljade omavaheline vastastikmõju hyperruumis toimib sarnaselt nii nagu seda on näiteks üksteisele piisavalt lähedal olevate elektriliselt laetud kehade omavaheline vastastikmõju aegruumis:

$$E = E_1 + E_2$$

Selline vastastikmõju on oma olemuselt palju abstraktsem kui näiteks elektrilaengute vaheline vastastikmõju aegruumis. Näiteks kui aegruumis olevate laengute süsteemi väljatugevus võrdub üksikutest laengutest põhjustatud väljatugevuste vektoriaalse summaga:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \cdots + \vec{E}_n$$

siis hyperruumis ehk väljapool aegruumi kehtib lainefunktsioonide lineaarne kombinatsioon ehk selline superpositsiooniprintsiip:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

mis võib kirjeldada osakeste kvantpõimumist:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

kuid samas ka (väljade) energiate liitumist:

$$E = E_1 + E_2$$

Kuna ajust eraldunud väljade süsteemis esinevad kvatpõimumisega olemuslikult seotud ilmingud, siis seega võib seda esineda ka erinevate väljade süsteemide vahel. See tähendab seda, et näiteks kaks inimest, kes on oma kehadest väljunud, saavad olla omavahel sellistes olekutes, mis on olemuslikult seotud ja ka kirjeldatavad just kvantpõimumise nähtusega. Selle tulemusena võivad need kaks inimest olla telepaatilises kommunikatsioonis. Surmalähedaste kogemustega inimeste ütlused pärast ellu äratamist räägivad telepaatia olemasolust, mis esinevad kehast väljunud inimesel ja ka ebamaisel valgusolendil.

Kuna ajust eraldunud väljade süsteemis ehk seega inimese kehavälises olekus esineb telepaatilise kommunikatsiooni võimalus, siis järelikult saab ta olla vahetus ühenduses ükskõik kellega ja seda mistahes suure vahemaa korral. Surmalähedaste kogemustega inimesed on rääkinud, et kehavälises olekus on neil tunne või tajumine, et oldakse ühenduses kõigega, mis Universumis eksisteerib. Selline tunne või tajumine võibki kaasneda telepaatilise võime olemasoluga.

Küsimus on nüüd selles, et kuidas kehast väljunud inimene ja ka ebamaine valgusolend juhib ja kontrollib oma imelist telepaatilist võimet? Näiteks osade inimestega võib „tahtlikult“ kommunikeeruda telepaatiliselt, kuid samas teistega mitte. Millised protsessid ja seaduspärasused peavad selleks esinema ajust eraldunud väljade süsteemis?

Täpisteaduslikku vastust nendele küsimustele praegusel ajal veel ei ole, kuid sellegipoolest võib veenvalt oletada telepaatia juhtimise ja kontrollimise toimemehhanismi olemust. Näiteks me teame, et bioloogilises kehas olles (ehk mitte kehavälises olekus) juhib inimene oma keha „mõttega“. Näiteks käe liigutamine toimub mõtte abil, kuna aju ja käelihased on omavahel ühenduses närvide kaudu. Ainuüksi sellisest teadmisest võibki tegelikult järeldada ka seda, et kuna ajust eralduvad väljad kõikjal ajupiirkondadest ja ajust eraldunud väljade süsteemis esineb telepaatilise kommunikatsiooni võime, siis seega toimub telepaatia juhtimine ja kontrollimine täpselt samamoodi nagu inimese keha juhtimine mõtte abil bioloogilises kehas olles.

Näiteks kõiki tegevusi, mida on vaja teha hüppenööriga hüpates, näiteks käte ja jalgade liigutamine, põlvede painutamine ja labajalgade tõstmine, juhivad vöötlihased. Saanud ajult vastavad juhtnöörid, tõmbavad need lihased skeletti, et tekitada koordineeritud liigutusi. Lühimaajooksja kasutab skeleti- ehk vöötlihaseid, seedimiseks vajatakse silelihaseid ja süda lööb tänu südamelihastele. Skeletilihased liigutavad skeletiluid ja aitavad toestada inimese keha. Skeletilihased moodustavad üle 40 protsendi inimese kehamassist.

Inimese närvisüsteemil on kaks põhiosa. Pea- ja seljaaju moodustavad kesknärvisüsteemi (KNS) ja närvid moodustavad perifeerse närvisüsteemi (PNS). Perifeerses närvisüsteemis edastavad

sensoorsed neuronid närviimpulsse tajuorganitelt peaajule. Ajust tulevaid käsklusi edastavad motoorsed neuronid. Neid on peamiselt kahte liiki. Näiteks inimese tahtlikule kontrollile alluvad somaatilise närvisüsteemi närvid. Need stimuleerivad skeletilihaseid kokku tõmbuma. Kuid autonoomse närvisüsteemi närvid reguleerivad kehasiseseid protsesse (näiteks hingamine, seedimine jne), mis üldjuhul pole inimesel tahtlikult kontrollitavad. Autonoomne närvisüsteem jaguneb sümpaatiliseks ja parasümpaatiliseks närvisüsteemiks. Neil kahel süsteemil on vastupidine toime ja nad hoiavad keha stabiilses seisundis.

> Ajutüvi kontrollib automaatselt esmatähtsaid funktsioone (näiteks hingamist ja pulssi). Väikeaju koordineerib tasakaalu, kehaasendit ja liikumist. Sensoorsetes ajupiirkondades töödeldakse närviimpulsse, mis saabuvad meeleorganitest (näiteks silmadest). Motoorsed ajupiirkonnad annavad edasi käsklusi lihastele, tekitades nii liikumisi kui ka kõnet. Hüpotalamus reguleerib kehasiseseid protsesse, tehes seda autonoomse närvisüsteemi abil.

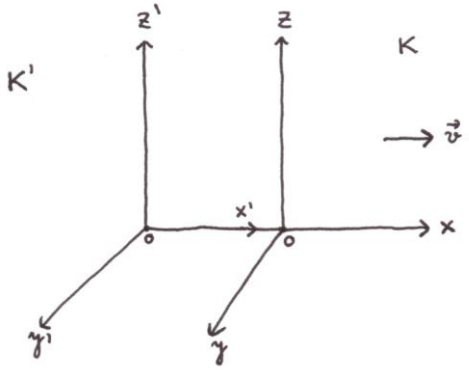
Kuna inimese ajust eralduvad väljad kõikjalt ajupiirkondadest, siis seega eralduvad väljad näiteks ka motoorsetest ajupiirkondadest, mis annavad edasi inimese tahtlikke käsklusi lihastele, tekitades nii liikumisi kui ka kõnet. Sellest tulenevalt on põhjust arvata, et ajust eraldunud väljade süsteemis esineva telepaatilise kommunikatsiooni võime juhtimine ja kontrollimine toimub sellises väljade süsteemi ruumipiirkonnas, mis on eraldunud just motoorsetest ajupiirkondadest. Kuna motoorsed ajupiirkonnad annavad edasi inimese tahtlikke käsklusi lihastele, tekitades nii liikumisi kui ka kõnet, siis seega inimese kehavälises olekus ehk ajust eraldunud väljade süsteemis toimub telepaatia teadlik ja tahtlik juhtimine ja kontrollimine ilmselt samasuguse süsteemi alusel. See tähendab, et telepaatia juhtimine ja kontrollimine toimub tõepoolest täpselt samamoodi nagu inimese keha (ka kõne) juhtimine mõtte abil bioloogilises kehas olles.

2.2.21 Kehast väljumine kui „aegruumist väljumine“

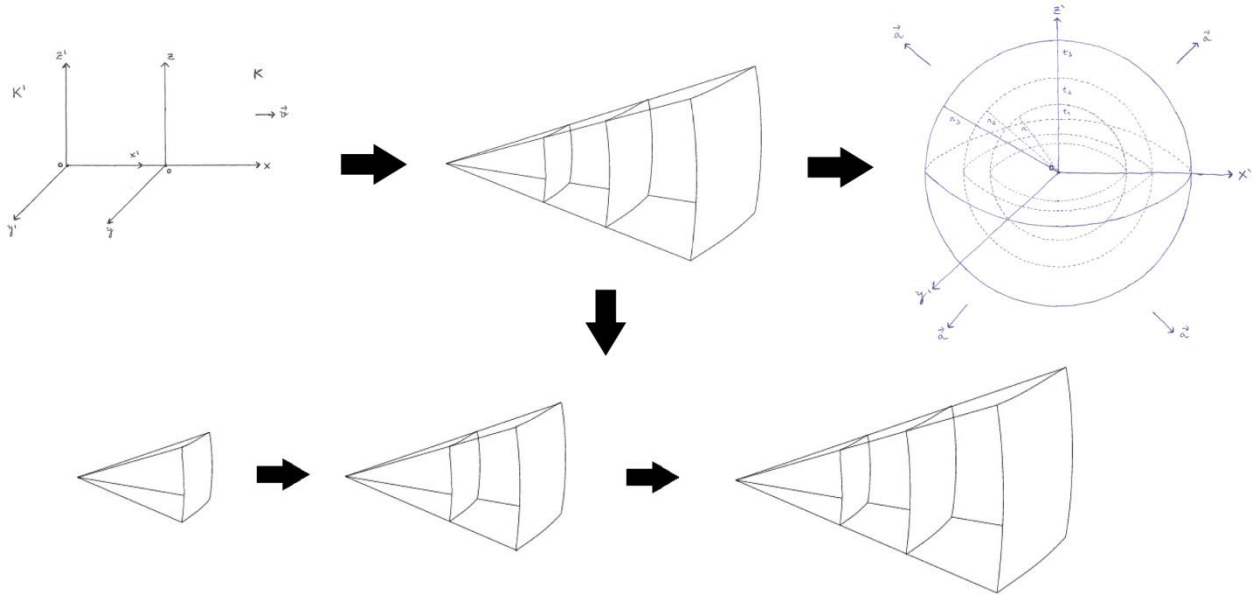
Ajas rändamise füüsikateoorias käsitlesime seda, et kuidas inimene rändab füüsiliselt ajas. Sellisel juhul rändab ajas füüsikaline keha (ehk inimene), mis omab vastavalt relatiivsusteooriale seisumassi. Keha seisumass on skalaar, kuid tavaline mass on vektor. Kui inimene (kes omab seisumassi) rändab ajas, siis selleks ta üldiselt nö. „väljub tavalisest aegruumist“ (ehk satub sellisesse piirkonda aegruumis, kus aegruum on Albert Einsteini üldrelatiivsusteooria järgi kõverdunud lõpmatuseni) ja tuleb seejärel tagasi aegruumi, millisena me seda igapäevaselt tunneme. Kogu see protsess võtab aega ainult 0 sekundit ehk seega toimub ajateleportatsioon. See tähendab sisuliselt seda, et kui seisumassiga füüsikaline keha teleportreerub ajas ja ruumis, siis see keha on „teinud nihke“ tavaruumist hyperruumi ja seejärel hyperruumist uuesti tavaruumi. Piltlikult öeldes peab keha „hetkeks“ eksisteerima „väljaspool aegruumi“, et teleportreeruda ruumis või ajas.

Kui elektromagnetlaine tekib hyperruumi, siis kohe pärast tekkimist hakkab see liikuma hyperruumi suhtes kiirusega c, kuid tavaruumi suhtes jääb see paigale, kuna tavaruum ise ka liigub hyperruumi suhtes kiirusega c. Selline asjaolu põhjustab „elektromagnetlainete mittehajumist üksteisest“.

Näiteks vastavalt ajas rändamise füüsikateooriale seisneb Universumi kosmoloogiline paisumine aja, ruumi ja liikumise omavahelisel fundamentaalsel füüsikalisel seosel, mis mudelites väljendub hyperruumi (ajatu ja ruumitu dimensiooni) ja tavaruumi (meie kogetava ruumi) liikumissüsteemina: tavaruum „liigub“ hyperruumi suhtes kiirusega c. Hyperruum K’ ja tavaruum K ei ole taustsüsteemid (ei inertsiaal- ega ka mitteinertsiaaltaustsüsteemid), joonis:



Tavaruumi K ja hyperruumi K´ füüsikaline süsteem avaldub looduses Universumi kosmoloogilise paisumisena, joonis:



Tavaruumi tekkiv elektromagnetlaine liigub ruumis edasi, kuna footonid ei saa olla paigal, sest neil puudub seisumass ja sellest tulenevalt ka seisuenergia:

$$E = mc^2$$

Seetõttu ei ole tavaruumi tekkivad elektromagnetlained, mis võivad samuti inimese ajust eralduda, ruumis püsivad. See tähendab seda, et need lained ei saa olla üksteise suhtes paigal, sest need liiguvad vaakumis ja ka õhus kiirusega c. Sellisel juhul need lained hajuvad üksteisest ajust eraldumisel ja lainete ehk väljade omavahelist konfiguratsiooni ei saa tekkida, millel võiks baseeruda inimese psüühika ja teadvus.

Ajas rändamise füüsikateooriast järeldub, et igasugune füüsiline keha või osake, mis satub väljapoole aegruumi (s.t. hyperruumi) ehk satub kinnise aegruumi lõkspinna „sisse“, rändab (teleportreerub) ruumis või ajas. Kui aga väli tekib väljapoole aegruumi ehk hyperruumi, siis see väli ei liigu ajas ega teleportreeru meie tajutavas ruumis (s.t. tavaruumis), vaid hoopis vastupidi, tekkinud väli jääb hyperruumi dimensiooni eksisteerima ja jäävalt püsima näiteks surnud inimese keha kohale või selle lähedusse. Miks valgus jääb niimoodi eksisteerima hyperruumi dimensioonidesse, ei osatud pikka aega usutavat seletust anda. Nüüd aga hyperruumi ja tavaruumi kontekstist lähtudes tulenebki see asjaolust, et hyperruumi tekkinud footon hakkab liikuma hyperruumi suhtes kiirusega c, mille tulemusena jääb footon tavaruumi suhtes paigale, kuna tavaruum liigub ka ise hyperruumi suhtes kiirusega c.

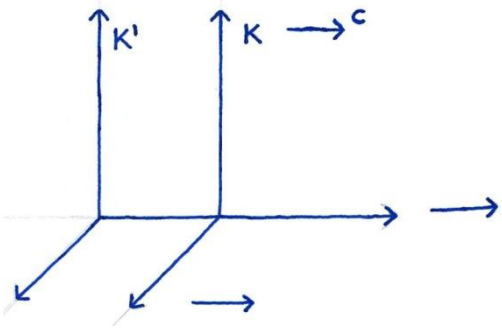
Kui footonid „eralduvad“ hyperruumi, siis võib järeldada seda, et „kehast väljudes“ eksisteerib inimene valgusena ehk footonitest. See on väga oluline aspekt: footonit võib käsitleda elektromagnetlainena, näiteks valgusena.

> Kui inimene „väljub“ oma kehast, siis eksisteerib inimene hyperruumis elektromagnetlainetena ehk valgusena. Sellisel juhul võib „inimest“ käsitleda ka „valgusolendina“.
>
> Kuna valgusolend eksisteerib ainult valgusena ja valgusel ei ole füüsika seisukohast lähtudes seisumassi (kuna see liigub vaakumis valguse kiirusega c), siis seega ei oma ka valgusolend ise seisumassi. Bioloogiline inimene aga omab seisumassi.

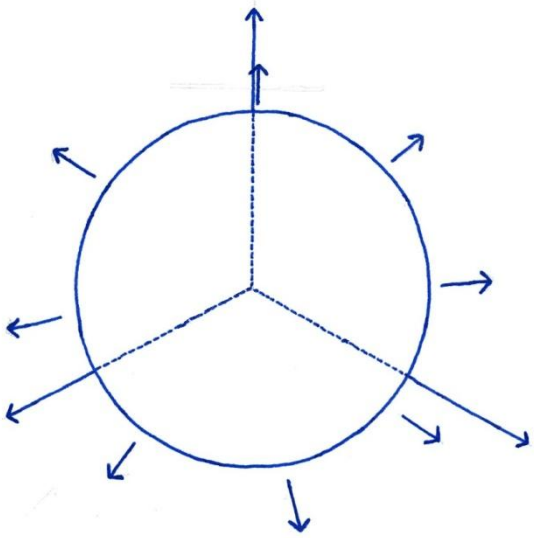
Valguslaine ei saa olla paigal ja seega hakkab see kohe pärast tekkimist liikuma hyperruumi suhtes kiirusega c. Valgusolend kiirgab ümbritsevasse „ruumi“ valgust, kuid mitte nii nagu seda teeb näiteks meie eluruumides olev elektripirn. Valgusolend eksisteerib hyperruumis ehk ajatu ja ruumitu dimensioonis, mis tähendab omakorda seda, et valgust ei kiirata ümbritsevasse ruumi tavamõistes (nagu elektripirni korral me seda mõistame), vaid valgusolend kiirgab valgust hyperruumis „enda ümbritseva tavaruumi suunas“. See tähendab seda, et valgusolendi elektromagnetlaine vektor on suunatud mööda hyperruumi dimensioone niimoodi, et nii valguslaine kui ka tavaruum liiguvad mõlemad hyperruumi suhtes kiirusega c. Piltlikult võib mõista ka nii, et valgus püüab musta augu tsentrist välja pääseda. Ainult niimoodi on võimalik, et valguslained ei haju üksteisest laiali nagu seda on näiteks elektripirni korral, kui see panna põlema.

> Valgusolend eksisteerib hyperruumis ainult valgusena, kiirates „ümbritseva ruumi suunas“ elektromagnetlaineid, kuid mitte nii nagu seda teeb näiteks elektripirn. Elektripirn või hõõglamp kiirgab ümbritsevasse ruumi valguslaineid, mis on meile nähtav ja tajutav. Kuid kehast väljunud inimene kiirgab valguslaineid hyperruumis (s.t. aegruumist väljapool) ümbritseva aegruumi „suunas“, mis eksisteerib paralleelselt hyperruumi „kõrval“. Sellisel juhul võtab valguslaine pärale jõudmine meie kogetavasse aegruumi lõpmatult kaua aega ja seetõttu on selline valgus meile kui elavatele inimestele nähtamatu. Ainult nii on võimalik kehast väljunud inimese kiiratavate valguslainete koospüsimine, et need üksteisest laiali ei hajuks nii nagu seda on näiteks elektripirni kiiratava valguse korral.
>
> > Kujundlikult võib väita nii, et väljad „eralduvad“ enda allikatest hyperruumi ehk tekivad hyperruumi nõnda, et need jäävad hyperruumi „lõksu“ sarnaselt nii nagu valguslaine ei pääse näiteks musta augu tsentrist enam välja ehk see on seal „lõksus“. Selletõttu ei haju hyperruumi tekkivad väljad üksteisest laiali ega kao, mis võibki põhjustada inimese teadvuse ja psüühika jätkumist ning eksisteerimist hyperruumi tekkinud väljade süsteemis, kui väljad peaksid „eralduma“ inimese ajust.

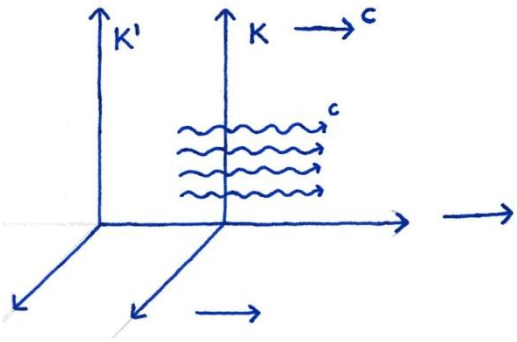
Aeg, ruum ja liikumine on omavahel fundamentaal-füüsikaliselt seotud, mis mudelites väljendub hyperruumi K’ (ajatu ja ruumitu dimensiooni) ja tavaruumi K (meie kogetava ruumi) liikumissüsteemina: tavaruum „liigub“ hyperruumi suhtes kiirusega c, kusjuures hyperruum K’ ja tavaruum K ei ole taustsüsteemid (ei inertsiaal- ega ka mitteinertsiaaltaustsüsteemid). Joonis:



Tavaruumi K ja hyperruumi K´ füüsikaline süsteem avaldub looduses Universumi kosmoloogilise paisumisena. Joonis:

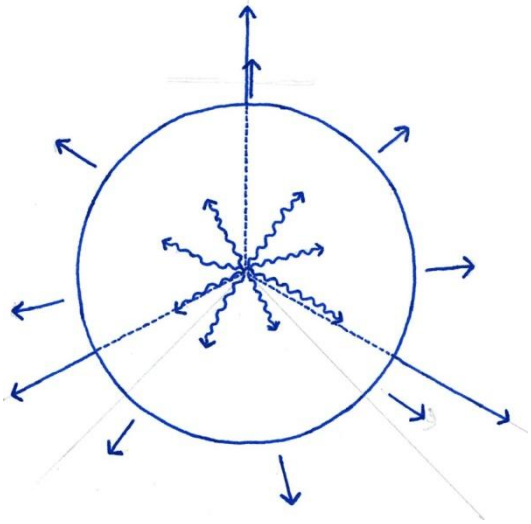


Kui elektromagnetlaine tekib hyperruumi, siis kohe pärast tekkimist hakkab see liikuma hyperruumi suhtes kiirusega c, kuid tavaruumi suhtes jääb see paigale, kuna tavaruum ise ka liigub hyperruumi suhtes kiirusega c. Selline asjaolu põhjustabki „elektromagnetlainete mittehajumist üksteise suhtes“. Valguslainete omavektorid ei liigu hyperruumis sihitult ringi, vaid nende liikumised on suunatud hyperruumist tavaruumi, mis füüsikaliselt väljendubki tavaruumiga kaasa liikumisena hyperruumi suhtes kiirusega c. Joonis:

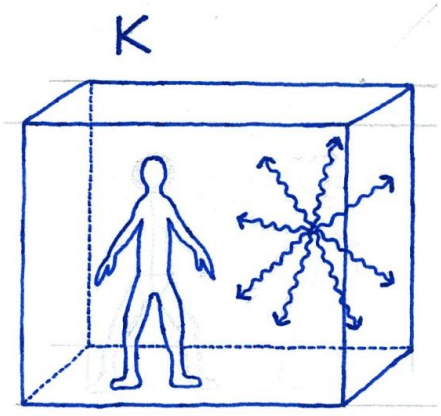


Valgusolend eksisteerib hyperruumis ainult valgusena, kiirates „ümbritseva ruumi suunas“ elektromagnetlaineid. Kehast väljunud inimene kiirgab valguslaineid hyperruumis (s.t. aegruumist väljapool) ümbritseva aegruumi „suunas“, mis eksisteerib paralleelselt hyperruumi „kõrval“. See tähendab, et elektromagnetlaine liigub Universumi paisumisega kaasa hoolimata sellest, et see eksisteerib väljaspool aega ja ruumi. Sellisel juhul võtab valguslaine pärale jõudmine meie kogetavasse aegruumi lõpmatult kaua aega ja seetõttu on selline valgus meile kui elavatele inimestele nähtamatu. Ainult nii on võimalik kehast väljunud inimese kiiratavate valguslainete

koospüsimine, et need üksteisest laiali ei hajuks. Joonis:



Valgusolendi elektromagnetlained ei haju üksteisest eemale ümbritsevasse „ruumi“. Näiteks surmalähedaste kogemustega ehk SLK-kogemustega inimesed on oma ütlustes kinnitanud, et kehast väljudes nad hõljuvad oma füüsilise ehk bioloogilise keha kohal või lihtsalt liiguvad oma elustamisruumis (tavaruumis K) ringi kohtudes teiste inimestega, kes haigla palatis (tavaruumis K) parajasti viibivad. Joonis:



Aeg ja ruum on suhtelised nähtused. Albert Einsteini erirelatiivsusteooriast on teada, et näiteks liikuva rongi lähenemisel valguse kiirusele vaakumis aegleneb rongis olev aeg välisvaatleja suhtes, kuid rongi sees olevale vaatlejale kulgeb rongis olev aeg ehk nö. „omaaeg“ normaalset jadapidi. Analoogne nähtus esineb ka valgusolendi füüsika korral. Näiteks valgusolend eksisteerib aegruumist „väljapool“ ehk ajatu ja ruumitu dimensioonis (hyperruumis), kuid valgusolendi poolt kiiratavate valguslainete jaoks eksisteerib tegelikult ka aegruum, täpsemalt „oma aegruum“, mida ei tohi segamini ajada meie igapäevaselt kogetava „tavaruumiga“.

Valgusolend eksisteerib aegruumist väljapool ehk hyperruumis, kuid sellest hoolimata eksisteerivad aeg ja ruum valgusolendi poolt kiiratavate valguslainete jaoks. Tegemist ei ole tavaruumiga ehk meie igapäevaselt kogetava aegruumiga, vaid see tuleneb otseselt erinevate elektromagnetlainete liikumistest üksteise suhtes, kuna aeg ja ruum on eelkõige liikumisest põhjustatud illusioonid Universumis. Valgusolendi poolt kiiratavad elektromagnetlained liiguvad kiirusega c ja mitte otseselt üksteise suhtes, vaid kõik elektromagnetlained liiguvad ühe korraga hyperruumi suhtes ja tavaruumiga kaasa. Tavaruum ise liigub samuti hyperruumi suhtes kiirusega c.

Inimese kehast väljumise korral „eralduvad“ inimese elektrilisest närvisüsteemist elektriväljad elektromagnetlaineteks „väljapoole aegruumi“, kuid „sealt“ tagasi meie tavalisse aegruumi enam ei ilmu. Seetõttu ei saa näiteks „vaimude“ või „kummituste“ ega ka kehast väljunud inimese olemasolu näiteks haigla palatis eksperimentaalselt tõestada ega uurida, sest nad eksisteerivad nö.

„väljaspool aegruumi“. Kõik, mis eksisteerib „väljaspool aegruumi“, ei ole füüsikaliselt võimalik eksperimentaalselt tuvastada ega uurida, samamoodi nagu näiteks valgust (informatsiooni), mis püüab sellise taevakeha nagu musta augu tsentrist välja pääseda.

> Ainus võimalus inimese kehast väljumist usutavalt kontrollida on see, et patsient näeb enda elustamise katseid pealt, kui ta viibib parajasti kliinilises surmas. Kuna juhtumite selline aspekt on ajas korduv, siis seetõttu on seda võimalik ka kontrollida. Maailmas elustatakse inimesi kliinilisest surmast peaaegu iga päev ja nendelt inimestelt saadud tunnistused sisaldavad antud aspekti. See tähendab seda, et kui inimene on sattunud pärast mõnda rasket haigust või ränka õnnetust kliinilisse surma, siis pärast tema taastumist (pärast tema elustamist) on võimalik saada tunnistusi tema kogemustest (näiteks tema elustamiskatsete protseduuride kirjeldusi), mis toimusid parajasti tema kliinilise surma ajal. Seda võivad kinnitada ka elustamiskatsete juures viibivad isikud. Enamasti need juhtumid sisaldavadki antud aspekti.

Absoluutselt kõik kehad Universumis eksisteerivad ajas ja ruumis ning kõik nähtused (sündmused) Universumis toimuvad samuti ajas ja ruumis. See on füüsikateaduslik fakt, mis põhineb suurel mahul eksperimentaalsetel andmetel ja muidu inimkogemusel. Füüsika järgi on kogu Universumi mateeria põhiliseks eksisteerimise vormiks just aegruum. Mateeria enda põhilised vormid on aine ja väli. Kuna kehast väljunud inimene (ehk seega valgusolend) eksisteerib „väljaspool“ aegruumi, siis võib inimese kehast väljumist piltlikult mõista ka kui Universumist „väljapoole“ siirdumisena (s.t. Universumi füüsikast „lahti pääsemisena“). See tähendab seda, et füüsiliselt eksisteerib valgusolend „väljaspool“ Universumit, kuid piltlikult öeldes võib see tähendada ka kõigest lahti kistununa (isegi looduses toimuvast füüsikast ehkki valgusolend ise eksisteerib ainult valgusena). Ka „vaimselt“ (s.t. psüühiliselt) eksisteerib valgusolend nagu väljaspool Universumi füüsikat, sest keha välises olekus omandatakse telepaatilisel teel selline teadvuseseisund, mis on üsna täpselt kirjeldatud näiteks „Maailmataju“ unisoofilises psühholoogias.

Absoluutselt kõik kehad Universumis, mis omavad seisumassi ja satuvad hyperruumi ehk väljapoole aegruumi, teleportreeruvad meie igapäevaselt tajutavas aegruumis ehk tavaruumis. Seda näitab veenvalt ajas rändamise füüsikateooria. Kuid valgusolend kui seisumassita füüsikaline keha ei teleportreeru tavaruumis ega hyperruumis ehkki ta eksisteerib hyperruumis ehk „aegruumist väljapool“, milles ei eksisteeri enam aega ega ruumi. See tuleneb otseselt sellest, et valgusolendi poolt kiiratavad elektromagnetlained liiguvad kõik kiirusega c ja mitte otseselt üksteise suhtes, vaid kõik elektromagnetlained liiguvad ühe korraga hyperruumi suhtes ja tavaruumiga kaasa. Tavaruum ise liigub samuti hyperruumi suhtes kiirusega c. Sellest tulenevalt liigub ka valgusolend ise tervikuna tavaruumiga kaasa kiirusega c.

> Kuna see võtab lõpmata kaua aega, siis seega valgusolendi elektromagnetlainete omavaheline konfiguratsioon (millel põhineb teadvus ja psüühika) jääb samuti igaveseks ajaks kestma. See aga tähendab valgusolendi lõpmatut eluiga. Kehavälises olekus eksisteeriks inimene täpselt sama pikka aega kui Universumi aegruum. Kuna Universumi aegruum eksisteerib ajas rändamise füüsikateooria järgi igavesti, siis seega jääks ka kehast väljunud inimene igavesti eksisteerima.

2.2.21.1 Inimese kehast väljumise kui „aegruumist väljumise“ teoreetilised tõendid

Inimese surmalähedaste kogemuste ehk kehast väljumise ajal on inimene tajunud imelist kaalutuse tunnet, ajatust ja ruumitust, läbi tunginud füüsilistest kehadest, hõljunud enda keha kohal ja olnud nähtamatu elavatele inimestele. Kõik need tuntud surmalähedaste kogemuste iseloomujooned tulevad otseselt sellest, et inimene eksisteerib kehast väljunud olekus elektromagnetlainetena ehk valgusena „väljaspool“ aegruumi ehk hyperruumis, mitte enam tavaruumis. Selliseid tajuefekte ei põhjusta ajukoore vallandumise sündroom, mille all mõistetakse seda, et teatud ajupiirkonnad jäävad hapnikuta ja selle tulemusena tekivad inimesel alati kindlad tajuaistingud.

Hyperruumi ja tavaruumi füüsikalist olemust kirjeldatakse ajas rändamise füüsikateoorias palju põhjalikumalt ja seepärast me seda siin kordama ei hakka. Lühidalt võib öelda ainult seda, et hyperruumis kaovad ära aja ja ruumi mõõtmed, mis aga tavaruumis eksisteerivad. Albert Einsteini üldrelatiivsusteooria keeles öelduna on hyperruumis aeg ja ruum kõverdunud lõpmatuseni. Erirelatiivsusteooria keeles öelduna aegleneb aja kulgemine hyperruumis lõpmatuseni ja pikkus ehk kahe ruumipunkti vaheline kaugus lüheneb lõpmata väikeseks. Relatiivsusteoorias nimetatakse neid vastavalt aja dilatatsiooniks ja ruumi kontraktsiooniks. Kuid sellest hoolimata eksisteerivad aeg ja ruum tavaruumis, mis on meie igapäevaselt kogetav aegruum.

Järgnevalt vaatamegi neid inimese kehast väljumise iseloomujooni, mis üsna objektiivselt viitavad sellele, et kehast väljumine on oma olemuselt kui aegruumist väljumine. Need ei tulene inimese vallandunud mälestustest ega kunagi kogetud tunnetest, mille põhjustaksid vere välja valgumine aju oimusagaratest, kuna aju oimusagaratesse salvestuvad inimese mälestused.

1. **Kehast väljunud olekus tunnetab inimene kaaluta olekut.** Inimese bioloogilise keha korral tuleneb kaaluta olek sellest, et inimese ajule ei avaldu enam raskusjõud. Raskusjõud ehk gravitatsioonijõud tuleneb omakorda aegruumi kõverusest. Näiteks planeedi Maa gravitatsioon tuleneb sellest, et Maa mass kõverdab ümbritsevat aegruumi. Kehast väljumise korral eksisteerib inimene „väljaspool“ aegruumi valgusena ja seetõttu ei ole inimene enam planeedi Maa aegruumi kõveruse mõju sfääris. Sellest tulenevalt ei tunne inimene enam raskusjõudu ehk tekib täielik kaalutuse tunne. See tähendab seda, et see ei tulene ajukoore nägemispiirkonna kahjustumisest, mille korral jäävad hapnikuta aju kiirusagarad, mis põhjustaksid tunde hõljumisest või tunnelite nägemist. Kaaluta olek on kehast väljunud inimese üks tavalisemaid ja levinumaid taju elamusi. Seda kogeks tavainimene ainult avakosmoses olles. Kaaluta olekut võib inimene kogeda ka siis, kui toimub vabalt lendamine – näiteks lennukis, kui see peaks alla kukkuma. Kahtlemata on enda raskuse puudumist hea tunnetada. Kaaluta olek on samuti üks taju elamusi, mis esineb ka inimeste surmalähedaste kogemuste ajal. See on tegelikult üks esimesi tunnetusi üldse, kui väljutakse operatsioonisaalis oma bioloogilisest kehast.

2. **Täpselt sama on ka „ruumis“ hõljumisega, mida paljud kehast väljunud inimesed on kogenud.** Maa peal hoiab raskusjõud meid maa ligi ehk eksisteerib jõud ülalt alla. Kuid kehast väljunud olekus (ehk eksisteerides väljaspool aegruumi) ei ole inimene enam raskusjõu ehk aegruumi kõveruse mõju all ja seega esineb inimesel meie mõistes „antigravitatsiooniline“ võimalus. See tähendab seda, et inimene suudab eirata raskusjõudu ja sellest tulenevalt suudab inimene lennates või hõljudes liikuda mistahes ruumipunkti. Selles mõttes osutub kehast väljunud inimese levimine ruumis täiesti erinevaks tavainimese omast, kes kasutab ruumis liikumiseks (näiteks kõndimiseks või jooksmiseks) oma jalgu, kui välja arvata tehnoloogilised abivahendid. Kuna kehast väljunud inimesel mingeid jäsemeid ei ole, siis „hõljutakse“ läbi ruumi nii nagu seda teeb näiteks udukogu või pilv. Ka seda on täheldatud surmalähedaste kogemuste ajal, mida inimesed on kirjeldanud kui „võrratut kogemust“. Lendamine, levitatsioon ja hõljumine oleksid kehast väljunud inimesel täiesti tavalised kogemused. Niisamuti ka „antigravitatsioon“ (ehk raskusjõu ignoreerimine) oleks absoluutselt tavaline võimalus. Seepärast tuntaksegi ka kaaluta olekut.

Kui kehast väljunud inimene ehk valgusolend eksisteerib „väljaspool aegruumi“ ehk hyperruumis, siis miks see valgusolend läheb sellegipoolest näiteks planeedi Maa liikumisega kaasa? Näiteks kehast väljudes hõljub inimene oma enda füüsilise keha kohal. Kui miski eksisteerib „väljaspool aegruumi“ (ehk seega hyperruumis), siis see ei saa olla enam „kontaktis“ Universumi aegruumiga. Näiteks kui sõitvast rongist väljub keha, siis see keha ei liigu liikuva rongiga enam kaasa. Seletus seisneb selles, et valgusolend küll eksisteerib tõepoolest „väljaspool aegruumi“ (ehk hyperruumis), kuid samas „liigub“ ta tavaruumiga kaasa (ehk allub Universumi kosmoloogilise paisumise üldisele liikumisele). See tulenebki otseselt sellest, et valgusolendi kiiratavad valguslained liiguvad hyperruumis tavaruumiga kaasa. Seetõttu saabki valgusolend olla näiliselt mingi suvalise Universumi aegruumi punkti suhtes paigal (liikudes planeedi Maaga kaasa ehk tegelikult Universumi kosmoloogilise paisumise üldise liikumisega).

Surmalähedaste kogemustega ehk SLK-kogemustega inimesed on oma ütlustes kinnitanud, et kehast väljudes nad hõljuvad oma füüsilise ehk bioloogilise keha kohal või lihtsalt liiguvad oma elustamisruumis ringi kohtudes teiste inimestega, kes haigla palatis parajasti viibivad.

Kui kehast väljunud inimene hõljub oma „surnud“ keha kohal, siis seega peab see kehast väljunud inimene kuidagi liikuma Maaga kaasa nii nagu me kõik, kes sellel planeedil kõnnivad. See on vaatuslik fakt, mis tähendab seda, et kehast väljunud inimene eksisteerib küll ajatu ja ruumitu dimensioonis (mitte meie kogetavas aegruumis), kuid sellegipoolest „liigub“ ta Maaga kaasa. Kui ta seda ei teeks, siis leiaks ta end keset tühja kosmost. Planeet Maa omakorda liigub kosmoses kaasa koos Linnutee galaktika liikumisega ja kuni Universumi paisumisega. See tähendab, et kehast väljunud olekus „liigub“ inimene Universumi paisumisega kaasa hoolimata sellest, et ta eksisteerib väljaspool aega ja ruumi.

Vastavalt ajas rändamise füüsikateooriale seisneb Universumi kosmoloogiline paisumine aja, ruumi ja liikumise omavahelisel fundamentaalsel füüsikalisel seosel, mis mudelites väljendub hyperruumi (ajatu ja ruumitu dimensiooni) ja tavaruumi (meie kogetava ruumi) liikumissüsteemina: tavaruum „liigub“ hyperruumi suhtes kiirusega c.

Sellest tulenevalt järeldub, et kui kehast väljunud inimene hõljub oma keha kohal, siis seega liigub ta tavaruumiga kaasa hyperruumi suhtes kiirusega c, ehkki ta eksisteerib hyperruumis, mitte tavaruumis. Kui juba „keha“, mis on surnud kehast „väljunud“, liigub tavaruumiga kaasa, siis peab seda tegema ka valgusolendi kiiratavad valguslained, millel tegelikult põhinebki kehast väljunud füüsiline olek. Sellest järeldatakse, et valguslainete omavektorid ei liigu hyperruumis sihitult ringi, vaid nende liikumised on suunatud hyperruumist tavaruumi, mis füüsikaliselt väljendubki tavaruumiga kaasa liikumisena hyperruumi suhtes kiirusega c.

Inimeste surmalähedastes kogemustes ehk kehavälises olekus esineb ruumis hõljumist ja tajutakse kaaluta olekut. Need avalduvad enamasti koos, millest võib järeldada, et ruumis hõljumine ja kaaluta oleku tunnetamine peavad olema omavahel tihedalt seotud. Näiteks hõljumise võimalus näitab, et kehast väljunud inimesele ei mõju Maa gravitatsioonijõud. Kui puudub gravitatsioonijõu mõju, siis tekitab see omakorda ka kaaluta oleku seisundi. Näiteks kosmoses töötavad astronaudid tunnetavad samuti kaaluta olekut, samal ajal on

nad kosmoselaevas olles suutelised hõljuma ühest asukohast teise.

3. Kehast väljunud inimese liikumine „ruumis“ võib toimuda väga kiiresti, kuid **Universumi suurte mastaapide läbimiseks kasutatakse aegruumi tunneleid** ehk „neutraalseid kanaleid“, mille korral liigutakse näiteks ühest galaktikast teise. Selliseid aegruumi tunneleid tuntakse Albert Einsteini üldrelatiivsusteoorias, mis kirjeldab aegruumi kõverusi. Aegruumi tunnelite korral on aegruum kõverdunud lõpmatuseni. Neid tunneleid nimetatakse ka „ussiaukudeks“. Suured massid ja energiad suudavad mõjutada aegruumi (seda kõverdades), sest energia ja mass on ekvivalentsed suurused, mida õpetab meile erirelatiivsusteooria. On alust arvata, et selliseid aegruumi tunneleid on nähtud ka inimeste surmalähedaste kogemuste ajal, mil nähakse ja tuntakse ennast sisenevat mingisugusesse „musta tunnelisse“, mille „lõpus paistab ere valgus“.

   Ajas rändamise füüsikateooria järgi teleportreerub füüsikaline keha ajas või ruumis, kui see läbib aegruumi tunnelit. See tähendab, et kui keha teleportreerub ajas või ruumis, siis see tegelikult ongi läbinud aegruumi tunneli ehk ussiaugu. Inimeste surmalähedased kogemused näitavad, et kui valgusolend (millel ei ole relatiivsusteooria järgi seisumassi) läbib aegruumi tunnelit, siis valgusolendi teleportreerumist ajas või ruumis otseselt ei avaldu ehkki aegruumi tunnel võimaldab mistahes füüsikalistel kehadel silmapilkselt liikuda mistahes ajahetke ja mistahes ruumipunkti Universumis. See tähendab seda, et valgusolendid ei saa ajas ja ruumis otseselt teleportreeruda (ehk silmapilkselt liikuda) nagu seda teeksid inimesed oma ajamasinatega aegruumis. Ussiauk võimaldab valgusolenditel suuri vahemaid ruumis väga kiiresti läbida ja väga tõenäoliselt ka ajas rännata.

4. **Kehast väljunud inimesel on võimalus tungida läbi füüsiliste kehade, mis eksisteerivad ajas ja ruumis ja mis koosnevad aineosakestest.** Surmalähedaste kogemustega inimesed on oma ütlustes tunnistanud seda, et kuidas nad oma kehadest on väljunud ja saanud minna läbi seinte või teiste inimeste füüsiliste kehade. Selline võimalus on üks kõige klassikalisemaid nähtusi, mis inimese kehast väljunud olekus avaldub.

   See sarnaneb kvantmehaanikas tuntud osakeste barjääri läbimisega, mille korral on osakesel teatud tõenäosus läbida mingit füüsilist barjääri ehk mingit teist keha. Nende kahe vahel on kattuvus niivõrd ilmne, et see viitab üsna veenvalt sellele, et osakese barjääri läbimine ja kehast väljunud inimese läbimine seintest võimaldab ilmselt üks ja sama aja ja ruumi dimensioon. Väga suure tõenäosusega see nii ka on, sest kehast väljunud inimene eksisteerib valgusena hyperruumis ehk väljaspool aega ja ruumi ning samas osakese barjääri läbimise võime tuleb osakese lainelisest käitumisest, mis omakorda tuleneb ajas rändamise füüsikateooria järgi osakeste teleportatsioonist aegruumis ehk eksisteerimisest hyperruumis (s.t. väljaspool aegruumi). On täiesti ilmne, et üks ja sama aegruumi „dimensioon“ võimaldab osakese barjääri läbimist ja samas ka kehast väljunud inimese läbimist seintest ehk samuti füüsilistest barjääridest. Valgusolend eksisteerib hyperruumis ja seega „liikudes“ hyperruumis suudab valgusolend läbida meie igapäevaselt kogetavas ruumis eksisteerivaid füüsilisi kehasid nagu seda on osakeste korral. Näiteks kehast väljunud inimesel on võime tungida läbi füüsiliste kehade (läbida seinu või isegi teisi inimesi) nagu seda teevad kvantosakesed potentsiaalibarjääri läbiminekul. Surmalähedastes kogemustes, kui inimene on väljunud oma kehast, on läbitud „uue kehana“ ka arste ja medõdesid. Selliseid juhtumeid on kirjeldatud päris palju ja seda kõikjal maailmas.

Kuna kehast väljunud inimene kiirgab valguslaineid hyperruumis (s.t. aegruumist väljapool) ümbritseva aegruumi „suunas“, mis eksisteerib paralleelselt hyperruumi „kõrval“, siis järelikult selliste elektromagnetlainetena eksisteeriv inimene (valgusolend) eksisteerib hyperruumis ja seega „liikudes“ hyperruumis suudab valgusolend läbida meie igapäevaselt kogetavas ruumis (tavaruumis) eksisteerivaid füüsilisi kehasid. See tähendab seda, et „liikudes“ aegruumist väljapool (ehk hyperruumis) saab keha läbida aegruumis (ehk tavaruumis) eksisteerivaid füüsilisi kehasid. Hyperruum oleks nagu tavaruumi „paralleel-aegruum“: liikudes paralleeldimensioonides, saame liikuda läbi füüsiliste kehade, mis eksisteerivad aegruumis. Seda on näha näiteks ka osakeste korral kvantmehaanikas. Kvantmehaanikast on teada fakt, et kõikidel mikroosakestel on teatud tõenäosus läbida potentsiaalbarjääri. Ajas rändamise füüsikateooria tõlgendab seda osakeste aegruumis teleportreerumise avaldumisena, mida võimaldab hyperruumis „liikumine“.

Inimkonna folklooris kirjeldatavad „vaimud“ ja „hinged“ olevat suutelised läbima seinu ja üldse igasuguseid füüsilisi kehasid. Sarnaselt ka gravitatsioonivälja ei ole füüsikaliselt võimalik „varjestada“, sest gravitatsioonijõud mõjub inimesele ka näiteks majas viibides. Selline sarnasus „vaimude“ ja „hingede“ läbimisega seintest viitab nende kahe pealtnäha väge erineva nähtuse ühisele füüsikalisele seaduspärasusele.

Maa gravitatsioonijõudu ei ole võimalik varjestada. See tähendab seda, et näiteks ühele ja samale inimesele mõjub gravitatsioonijõud autos olles ja majas viibides täpselt ühtmoodi. Esemed kukuvad allapoole nii maja esimesel korrusel kui ka teisel korrusel. Kuid varjestada on võimalik näiteks elektri- ja magnetjõudusid. Erinevad väljad ei sega üksteist, mis tähendab seda, et näiteks ühele ja samale kehale võib mõjuda korraga nii gravitatsioonijõud, elektrijõud kui ka magnetjõud. Keha hakkab liikuma sellise jõu mõjul, mis on kõikidest teistest jõududest kõige suurem. Tavaliselt mõjub kehale erinevatest jõududest resultantjõud.

5. **Kehast väljunud inimese olemasolu ei ole võimalik näiteks haigla reanimatsiooni-palatis katseliselt tõestada ega uurida, sest nad eksisteerivad nö. „väljaspool aegruumi“.** Kõik, mis eksisteerib „väljaspool aegruumi“, ei ole füüsikaliselt võimalik ajas ja ruumis eksperimentaalselt tuvastada ega uurida. Sarnaselt ka valgust (ehk kui informatsiooni), mis püüab sellise taevakeha nagu musta augu tsentrist välja pääseda, ei ole võimalik tuvastada ega uurida. Kuid näiteks neutriinosid, mis võivad läbida terveid planeete, on võimalik tuvastada ja uurida, kuid sedagi äärmiselt keeruliselt ja vaevaliselt. Aegruumist väljaspool eksisteerimise tõttu ongi valgusolend tavainimesele nähtamatu. See tähendab ka seda, et ereda valguse kogemist inimeste surmalähedaste kogemuste ajal ei põhjusta tegelikult aju kuklasagaratest vere välja imbumine. Näiteks surmalähedaste kogemuste korral ei näe arstid inimese elustamiskatsete juuresolekul valgusolendeid, mida aga kehast väljunud inimene näeb.

   Inimese kehast väljumise korral „eralduvad“ inimese elektrilisest närvisüsteemist elektriväljad elektromagnetlaineteks „väljapoole aegruumi“, kuid „sealt“ tagasi meie tavalisse aegruumi enam ei ilmu. Seetõttu ei saa näiteks „vaimude“ või „kummituste“ ega ka kehast väljunud inimese olemasolu näiteks haigla palatis eksperimentaalselt tõestada ega uurida, sest nad eksisteerivad nö. „väljaspool aegruumi“. Kõik, mis eksisteerib „väljaspool aegruumi“, ei ole füüsikaliselt võimalik eksperimentaalselt tuvastada ega uurida, samamoodi nagu näiteks valgust (informatsiooni), mis

püüab sellise taevakeha nagu musta augu tsentrist välja pääseda.

Ainus võimalus inimese kehast väljumist usutavalt kontrollida on see, et patsient näeb enda elustamise katseid pealt, kui ta viibib parajasti kliinilises surmas. Kuna juhtumite selline aspekt on ajas korduv, siis seetõttu on seda võimalik ka kontrollida. Maailmas elustatakse inimesi kliinilisest surmast peaaegu iga päev ja nendelt inimestelt saadud tunnistused sisaldavad antud aspekti. See tähendab seda, et kui inimene on sattunud pärast mõnda rasket haigust või ränka õnnetust kliinilisse surma, siis pärast tema taastumist (pärast tema elustamist) on võimalik saada tunnistusi tema kogemustest (näiteks tema elustamiskatsete protseduuride kirjeldusi), mis toimusid parajasti tema kliinilise surma ajal. Seda võivad kinnitada ka elustamiskatsete juures viibivad isikud. Enamasti need juhtumid sisaldavadki antud aspekti.

6. Inimese kehaväline olek/seisund eksisteerib „aegruumist väljaspool“, mida me mõistame hyperruumi dimensioonina. **On alust arvata, et selline eksisteerimine võib põhjustada ajatu ja ruumitu tajumist** ehkki kehast väljunud inimese enda liikumine „aegruumis“ avaldub sarnaselt nii nagu iga teise füüsikalise keha korral, mis eksisteerib aegruumis. See tähendab seda, et liikumisel muutub keha asukoht ruumis mingi ajaperioodi vältel. Kehast väljunud inimesed on tõepoolest tajunud ajatust ja ruumitust. Võib öelda, et ajatu ja ruumitu taju ilmneb inimesel ainult siis, kui ta eksisteerib hyperruumis, mitte enam tavaruumis. See tähendab, et hyperruumis „olles“ või „liikudes“ ei taju inimene enam aja ja ruumi olemasolu ehkki võib ta samal ajal paralleelselt eksisteerida ka aegruumis ehk meie igapäevaselt kogetavas ruumis. Põhimõtteliselt võib üsna kindlalt järeldada seda, et inimese eksisteerimine „aegruumist väljaspool“ põhjustab ajatu ja ruumitu tajumist, mitte sureva aju parema oimusagara verevarustuse kadumine nagu teadlased on seda seni spekuleerinud. Kuid sellegipoolest ei ole veel teada seda, et kuidas see ajatu ja ruumitu taju kehast väljunud oleku korral inimese tajusüsteemides täpselt avaldub.

7. Mingi tundmatu ebamaise valgusolendi juuresolekul võib inimesel avaneda võimalus näha oma seni elatut maiset elu, mis ilmub tema ette erakordse kolmemõõtmelise panoraamina ehk visualisatsioonina. Seal näeb ta kõiki oma elusündmusi. Selles on võimalik detailselt näha inimese kogu elatud elu. Inimene tunnetab oma tegude mõju teistele inimestele, mis ta maises elus korda on saatnud. Inimene tajub teiste inimeste teadvuses esinevat rõõmu ja rahulolu või valu ja piina, vastavalt sellele, mida ta on teistele inimestele põhjustanud. „Tagasivaate“ ajal viibib valgusolend inimese kõrval. Selle juures kogetav ajamõõde on hoopis teistsugune, kui seda me tajume maa peal olles. **Aeg on omandanud hoopis eripärase eksisteerimise vormi.** Inimese kogu elatud elu on võimalik nüüd detailselt näha.

Kõik eelnevalt kirjeldatud tuntud surmalähedaste kogemuste ehk SLK iseloomujooned viitavad ja samas annavad ka teoreetilist/hüpoteetilist tunnistust sellele, et inimene eksisteerib kehast väljudes valgusena tõepoolest väljaspool aegruumi ehk seega hyperruumi dimensioonides.

2.2.21.1.1 Kaaluta oleku seisund

Kehast väljunud olekus tunnetab inimene kaaluta olekut. Inimese bioloogilise keha korral

tuleneb kaaluta olek sellest, et inimese ajule ei avaldu enam raskusjõud. Raskusjõud ehk gravitatsioonijõud tuleneb omakorda aegruumi kõverusest. Näiteks planeedi Maa gravitatsioon tuleneb sellest, et Maa mass kõverdab ümbritsevat aegruumi. Kehast väljumise korral eksisteerib inimene „väljaspool“ aegruumi valgusena ja seetõttu ei ole inimene enam planeedi Maa aegruumi kõveruse mõju sfääris. Sellest tulenevalt ei tunne inimene enam raskusjõudu ehk tekib täielik kaalutuse tunne. Kaaluta olek on kehast väljunud inimese üks tavalisemaid ja levinumaid taju elamusi. Seda kogeks tavainimene ainult avakosmoses olles. Kaaluta olekut võib inimene kogeda ka siis, kui toimub vabalt lendamine – näiteks lennukis, kui see peaks alla kukkuma. Kahtlemata on enda raskuse puudumist hea tunnetada. Kaaluta olek on samuti üks taju elamusi, mis esineb ka inimeste surmalähedaste kogemuste ajal. See on tegelikult üks esimesi tunnetusi üldse, kui väljutakse operatsioonisaalis oma bioloogilisest kehast.

Surmalähedaste kogemuste ajal tunnevad inimesed sageli seda, et kuidas nad oma bioloogilistest kehadest väljuvad. Pärast seda tajuvad nad imelist kaalutuse ja kerguse tunnet. Kuid sellist tunnet on võimalik esile kutsuda ka „maapealsete vahenditega“. Seda on võimalik eksperimentaalselt esile kutsuda kahel järgneval viisil:

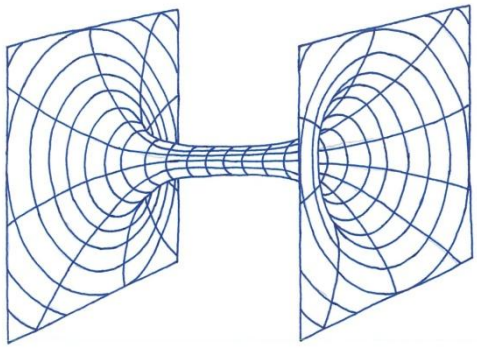
> Esimene eksperiment on seotud vertikaalselt liikuva liftiga. Inimene peab lebama horisontaalselt (s.t. mitte püstiselt) sellise aluse peal, mis maapinnalt vertikaalselt üles liigub. Selleks võib olla näiteks ka tavaline lift. Kuid enne aluse vertikaalselt liikuma hakkamist peab inimene lebama alusel võimalikult lõdvestunult. Lõdvestumine ehk pinge vaba psüühiline seisund on selle katse juures oluliseks parameetriks. Teaduslikud uuringud on näidanud, et kui inimene on meeldivalt lõdvestunud, siis tema aju hapniku hulk on kahanenud 80-60 protsendini. Aluse liikuma hakkamisel tekibki inimesel (hetkeks) tunne nagu ta väljuks oma füüsilisest kehast, mis sarnaneb surmalähedaste kogemuste korral kogetuga. Seda võivad kõik inimesed ise järele proovida. Kuid oluline on märkida seda, et antud katses tekib eespool kirjeldatud tunne ainult mõneks hetkeks (s.t. väga väikese mõõdetava aja jooksul), kuid surmalähedaste kogemuste ehk SLK-de korral on selline tunne ajas pidev/lakkamatu.
>
> Teine eksperiment on seotud vee all sooritava akrobaatikaga. Me kõik oleme näinud paljusid akrobaate, kes sooritavad õhus oma imelisi saltosid. Saltoks nimetatakse sellist akrobaatika elementi, mille jooksul inimese keha teeb õhus täispöörde ümber oma keha keskme. Selle käigus jääb pea vahepeal alaspidi. Saltot ei tehta „külg ees“ (see on nii pigem „hundiratta“ korral), vaid „külg kõrval“ ehk „nägu ees“. Salto pöörde ajal liigub inimese pea tegelikult kogu aeg ettepoole. Antud eksperiment sarnaneb eespool kirjeldatud salto sooritamisega, kuid erinevused seisnevad järgnevas. Saltot ei tehta õhus, vaid vee all. Vee sügavus peab olema kindlasti suurem kui inimese enda reaalne pikkus, sest muidu võib salto tegemise käigus pea ära lüüa. See tähendab ka seda, et saltot sooritatakse „ilma hüppeta“. Salto pöörde ajal liigub inimese pea seekord tahapoole. Salto sooritamise käigus (kui inimese pea „läbib alaspidise faasi“) tunneb inimene hetkeks (s.t. mõõdetava aja jooksul) kaaluta olekut ja erakordset „kerguse tunnet“. Kuid just selline tunne on SLK-de korral ajas pidev.

Inimese kaaluta oleku, kehavälise tunde või surmalähedase kogemuse sarnane teadvuseseisund esineb ka hävituslennukite pilootidel. Need tekivad siis, kui väga suurel kiirusel pööratakse või alla poole sööstetakse. Sellisel juhul hakkab ilmnema ajule väga suur raskusjõud. Väga kiiret pööret tegevas hävituslennukis tekib inimesel jõud peast jalgadesse. See tekkiv jõud surub kõike alla. Iste aga hoiab inimese keha lennukis paigal, kuid inimese veri voolab sellegipoolest alajäsemetesse ja ka kõhtu. See tähendab omakorda seda, et inimese pea jääb lühikeseks ajaks ilma vereta. Kiire lennu tingimusi jäljendavad tsentrifuugid, mida erinevad uurijad kasutavad oma erinevates lennulaborites. Sellistes tingimustes uurivad teadlased raskusjõu mõju inimese ajule. Teadvus hakkab pilootidel

korraks kaduma, kuid enne seda hakkab veri inimese ajust „ära minema“ ja seejärel nähakse tunnelit. Pärast seda ei saa inimene enam liikuda ja ta ei taju lõpuks enam midagi. Inimese teadvus kustub. Vere naasmise korral ajju hakkab inimene alguses tõmblema ja pärast seda ilmneb inimesel teadvus. Kõigepealt on inimene segaduses ja ei mõista olukorda. Inimene suudab lennukit juhtida alles siis, kui tal see segadustunne üle läheb. Kui inimesed on kaotanud teadvuse, siis nad näevad lühikest unenägu, mis on üsna kindlakujulised ja sarnanevad väga surmalähedaste kogemustega. Nähakse peret või sugulasi ning tuntakse hõljumist. Tuntakse, et ollakse väljaspool oma keha ja tajutakse kaaluta olekut. Tegemist on enamasti väga meeldiva ja eufoorilise tundega. Need kogemused süübivad sügavale inimeste mällu.

2.2.21.1.2 Aegruumi tunnelid

Väga paljude SLK-de korral nähakse mingisuguseid tunneleid. Need on kahtlemata just aegruumi tunnelid, mille abil on võimalik ületada väga lühikese ajaga väga suuri vahemaid ruumis või rännata ajas. Ussiauk on spekulatiivne struktuur, mis ühendab aegruumi erinevaid punkte ja põhineb Einsteini välja võrrandite erilahendusel. Ussiauku saab visualiseerida tunnelina, millel on kaks otsa aegruumi erinevates punktides (s.t. erinevates kohtades või erinevates ajapunktides või mõlemas). Joonis:



Kuid kuidas valgusolendid neid tunneleid tekitavad, polegi täpselt teada.

Tekib küsimus, et kui inimese surmalähedastes kogemustes nähakse tõesti aegruumi tunneleid, siis kuidas on võimalik, et need tekivad näiteks haigla reanimatsioonipalatis olevale surija kohale? Kuidas on võimalik, et aegruumi tunneli tekkimist ja eksisteerimist ei märka ruumis viibivad elavad inimesed (näiteks arstid) hoolimata sellest, et need on nii suured, et inimene mahub sealt vabalt läbi? Pealtnäha tundub neile küsimustele võimatu vastata, kuid tegelikult on seda müsteeriumit üsna lihtne ja küllaltki ratsionaalne mõista.

Seletus seisneb selles, et ajas rändamise teooria reeglite järgi eksisteerivad ussiurked meie kogetavas aegruumis uskumatult väikese ajaperioodi jooksul – näiteks 10^{-15} sekundit. Sündmused või nähtused, mis eksisteerivad kõigest 10^{-15} sekundi jooksul, ei ole meile kui elavale inimesele enam selgelt tajutav. Ussiurgete niivõrd väike eksisteerimise ajaperiood tuleb välja füüsikateooriate alusprintsiipidest. Kuid inimese kehast väljunud olekus toimub inimese eksisteerimine juba sellises aegruumi dimensioonis, „kus“ ei eksisteeri enam aega ega ruumi. See tähendab, et kui inimene väljub oma kehast, siis satub ta ajatusse ja ruumitusse dimensiooni, mida füüsikas nimetatakse hyperruumiks. Kuna aega enam ei eksisteeri, siis on võimalik näha ussiurke eksisteerimist palju palju kauem (näiteks minutites), mis muidu tegelikult eksisteeriks kõigest 10^{-15} sekundit. See tähendab seda, et siin kehtib vaatleja relatiivsus – inimesele, kes viibib ajas ja ruumis, võivad toimuda sündmused ja protsessid väikese ajaperioodi jooksul, kuid kehast väljunud inimesele, kes eksisteerib ajatu ja ruumitu dimensioonis ehk hyperruumis, võivad samad sündmused ja protsessid

toimuda juba palju pikemat aega. See on vaatleja relatiivsus, mida peab SLK puhul arvestama.

SLK kogemustega inimesed on oma ütlustes veenvalt tunnistanud, et kehavälises olekus esineb ajatuse ja ruumituse tunne. See tähendab, et aega ja ruumi enam ei eksisteerikski. Niisamuti on sellises tundmatus „dimensioonis“ eksisteerides täheldatud, et sekundil ja aastatuhandel ei ole mitte mingisugust vahet. See tähendab ka seda, et inimene võib reaalselt surnud olla kõigest paar minutit, kuid kehavälises olekus võib „aeg“ mööduda seevastu aastaid.

Vaatleja relatiivsuse olemasolu kinnitab fakt, et kui kehast mitte väljunud inimene läbib ussiurke, siis see toimub hetkeliselt ehk teleportreerutakse ruumis või ajas, kuid kehast väljunud olekus ussiurke läbimisel mingit teleportatsiooni ei ilmne, vaid selle asemel esineb lihtsalt tohutult suur liikumiskiirus. SLK kogemustega inimesed on tunnistanud oma ütlustes, et tunnelis liigutakse väga kiiresti, kuid see ei toimu hetkeliselt. See on oluline aspekt, mis viitab sellele, et vaatleja relatiivsus ehk ussiurke eksisteerimise ajaperiood on kehast mitteväljunud inimesele ja kehast väljunud inimesele tõepoolest erinev. Üldse on tähelepanuväärne, et kehast väljunud inimene ei ole võimeline teleportreeruma ehkki ta eksisteerib hyperruumis ehk ajatu ja ruumitu dimensioonis (s.t. väljaspool aega ja ruumi).

Kui valgusolendid suudavad luua aegruumi tunneleid, siis on täiesti võimalik ka see, et nad suudavad mõjutada gravitatsiooni (ehk aegruumi kõverust) nii, et füüsilised kehad (nagu näiteks laud, tool, voodi jne) hakkavad ilma näilise põhjuseta liikuma. Seda esineb näiteks kuulsates poltergeisti juhtumites. Aegruumi kõverusega kaasneb üldrelatiivsusteooria järgi jõud, mis Newtoni II seaduse järgi mõjutab kehasid nii, et need hakkavad kiirendusega liikuma.

2.2.21.1.2.1 Aegruumi tunneli füüsikateaduslik seletus

Tsentraalsümmeetrilist ja staatilist gravitatsioonivälja kirjeldab Schwarzschildi meetrika:

$$ds^2 = \left(1 - \frac{R}{r}\right) c^2 dt^2 - \frac{1}{1 - \frac{R}{r}} dr^2 - r^2 (d\theta^2 + sin^2\theta d\varphi^2)$$

ehk

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{R}{r}\right) c^2 dt^2 + \frac{1}{1 - \frac{R}{r}} dr^2 + r^2 (d\theta^2 + sin^2\theta d\varphi^2)$$

Selles võrrandis olevat avaldist:

$$\frac{dr^2}{\left(1 - \frac{R}{r}\right)} = dl^2$$

ehk

$$\frac{l^2}{\left(1 - \frac{R}{r}\right)} = {l_0}^2$$

võib mõista gravitatsioonilise ruumikontraktsiooni avaldisena:

$$l^2 = {l_0}^2 \left(1 - \frac{R}{r}\right)$$

ehk

$$l = l_0\sqrt{1-\frac{R}{r}}$$

Seetõttu võime eespool esitatud Schwarzschildi meetrilise võrrandi:

$$ds^2 = -\left(1-\frac{R}{r}\right)c^2dt^2 + \frac{1}{1-\frac{R}{r}}dr^2 + r^2(d\theta^2 + sin^2\theta d\varphi^2)$$

kirjutada kujule:

$$ds^2 = -\left(1-\frac{R}{r}\right)c^2dt^2 + dl^2 + r^2(d\theta^2 + sin^2\theta d\varphi^2)$$

milles

$$dl^2 = \frac{dr^2}{1-\frac{R}{r}}$$

Schwarzschildi meetrika ajaline osa esitub järgmiselt:

$$ds^2 = c^2d\tau^2 = -\left(1-\frac{R}{r}\right)c^2dt^2$$

ehk

$$d\tau^2 = -\left(1-\frac{R}{r}\right)dt^2$$

Tegemist oleks gravitatsioonilise aja dilatatsiooniga. Avaldises esinevat y-tegurit kirjutame kujul:

$$\frac{d\tau^2}{dt^2} = -\frac{1}{y^2} = -\left(1-\frac{R}{r}\right) = -\left(1-\frac{2GM}{rc^2}\right) = -\left(1+\frac{2\Phi}{c^2}\right)$$

milles R on Schwarzschildi raadius:

$$R = \frac{2GM}{c^2}$$

ja Φ on gravitatsioonipotentsiaal:

$$\Phi = -\frac{GM}{r}$$

Kuna füüsikas on gravitatsioonipotentsiaal negatiivne, siis seega võime kasutada imaginaarühikut i:

$$\Phi = -\frac{GM}{r} = +\frac{GM}{r}i^2$$

Imaginaarühik i defineeritakse kõrgemas matemaatikas järgmiselt:

$$i^2 = -1$$

Kui valemites kasutatakse imaginaarühikut i, siis on tegemist kompleksarvuga z:

$$z = a + bi$$

Sellise definitsiooni järgi võime sulgudes olevat avaldist:

$$\frac{d\tau^2}{dt^2} = -\left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right)$$

ehk

$$-\frac{d\tau^2}{dt^2} = 1 - \frac{2GM}{rc^2}$$

defineerida kui kompleksarvu z:

$$z = 1 + \frac{2}{c^2}\frac{GM}{r}i^2 = 1 + \frac{2\Phi}{c^2}$$

Selles olev reaalosa vastab numbrile 1:

$$a = 1$$

ja imaginaarosa sisaldab imaginaarühikut i:

$$bi = \frac{2}{c^2}\frac{GM}{r}i^2$$

Kompleksarvu z trigonomeetriline esitusviis avaldatakse matemaatikas järgmiselt:

$$z = a + bi = r(cos\varphi + isin\varphi)$$

milles sulgudes olev avaldis on omakorda seotud eksponentkujuga:

$$cos\varphi + isin\varphi = e^{i\varphi}$$

See annab kompleksarvule z samuti eksponentkuju:

$$z = r(cos\varphi + isin\varphi) = re^{i\varphi}$$

Kuid kompleksarvu eksponentkuju me siin ei kasuta. Selle asemel kasutame Euleri valemit:

$$e^z = \lim_{n\to\infty}\left(1 + \frac{z}{n}\right)^n$$

Tegemist on matemaatikas tuntud ja füüsikas kasutatava Euleri piirväärtusega. Järgnevalt näitame, et antud valem esineb tegelikult ka Schwarzschildi meetrilises võrrandis. Selleks teostame järgmised matemaatilised teisendused. Näiteks esitatud võrrandis (ilma lim-ta):

$$e^z = \left(1 + \frac{z}{n}\right)^n$$

võtame võrrandi mõlemad pooled ruutjuure alla:

$$\sqrt[n]{e^z} = 1 + \frac{z}{n}$$

ja seejärel korrutame võrrandi mõlemad pooled n-ga:

$$e^z = n + z$$

Kui $n = 1$ ja kompleksarv z on avaldatav:

$$z = a + bi = 0 + bi = bi = \frac{2}{c^2}\frac{GM}{r}i^2 = \frac{2\Phi}{c^2}$$

siis me saamegi Schwarzschildi meetrikas esineva $\frac{1}{y^2}$ teguri esitada puhtalt Euleri valemina:

$$e^z = 1 + \frac{2}{c^2}\frac{GM}{r}i^2$$

ehk

$$e^z = 1 + \frac{2\Phi}{c^2}$$

Kui me nüüd võrdleme viimast saadud võrrandit eespool esitatud Euleri piirväärtusega:

$$e^z = \lim_{n\to\infty}\left(1 + \frac{z}{n}\right)^n$$

siis me näeme seost: $z = 2\Phi$. Sellest tulenevalt võime Schwarzschildi meetrilise võrrandi:

$$ds^2 = -\left(1 + \frac{2\Phi}{c^2}\right)c^2dt^2 + dl^2 + r^2(d\theta^2 + sin^2\theta d\varphi^2)$$

kirjutada kujule:

$$ds^2 = -e^z c^2 dt^2 + dl^2 + r^2(d\theta^2 + sin^2\theta d\varphi^2)$$

ehk

$$ds^2 = -e^{2\Phi} c^2 dt^2 + dl^2 + r^2(d\theta^2 + sin^2\theta d\varphi^2)$$

milles $e^{2\Phi}$ on Euleri valem. Saadud meetriline võrrand ei ole tegelikult enam gravitatsioonivälja kirjeldav Schwarzschildi meetrika, vaid see kirjeldab nüüd aegruumi tunnelit ehk ussiurget.

Saadud aegruumi tunneli meetriline võrrand:

$$ds^2 = -e^{2\Phi} c^2 dt^2 + dl^2 + r^2(d\theta^2 + sin^2\theta d\varphi^2)$$

kirjeldab staatilist ussiauku, millest saab inimene minna läbi. Kujufunktsioon b(r)

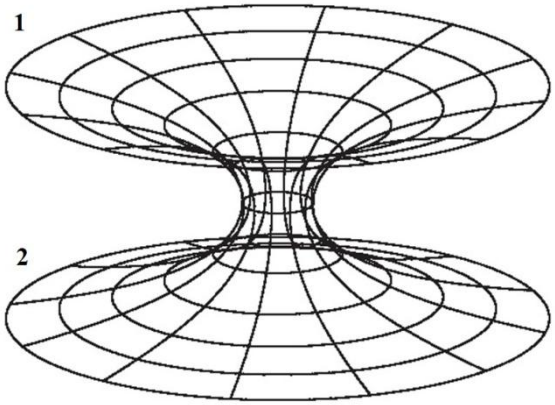
$$\frac{dl}{dr} = y = \pm\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{b}{r}}} = \pm\left(1 - \frac{b}{r}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

ja punanihke funktsioon Φ(r)

$$\Phi = -\frac{GM}{r} = +\frac{GM}{r}i^2$$

määravad ära sellise lahendi, mis on sfääriliselt sümmeetriline. See tähendab seda, et ussiurge on reaalsuses kerakujuline. Joonis:

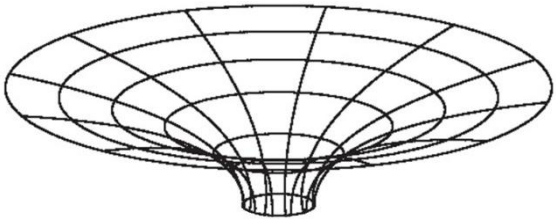
Kuid mudelites kujutatakse ussiurget ikka tunnelina. Sellisel juhul on paremini näha seda, et see lahend ühendab omavahel kaks tasast aegruumi piirkonda (üks positiivne, teine negatiivne). Joonis:



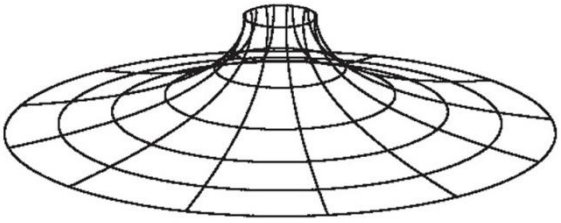
Ussiaugu kurgust näitab l radiaalset omakaugust, mis tähendab seda, et l ei näita tunneli pikkust, vaid see kirjeldab ikka ruumi kontraktsiooni aegruumi tunneli ümbruses:

$$dl = \pm \frac{dr}{\sqrt{1 - \frac{R}{r}}}$$

Ruumi kontraktsioon tekitabki aegruumi tunneli. Näiteks l on esimeses ühendatud aegruumi piirkonnas positiivne:



ja teises ühendatud aegruumi piirkonnas negatiivne:



Positiivne ja negatiivne l tekitabki aegruumi tunneli efekti, mida me joonistel näeme. Näiteks eespool saadud ussiaugu meetrilise võrrandi:

$$ds^2 = -e^{2\Phi}c^2dt^2 + dl^2 + r^2(d\theta^2 + sin^2\theta d\varphi^2)$$

muutumispiirkonnad ongi järgmised: aeg

$$-\infty < t < +\infty$$

radiaalkoordinaat

$$-\infty < l < +\infty$$

ja nurgamuutujad

$$0 \leq \theta \leq \pi$$

$$0 \leq \varphi \leq 2\pi$$

Esimeses ühendatud aegruumi piirkonnas on l positiivne, mis tähendab seda, et see on reaalne.

Kuid teises ühendatud aegruumi piirkonnas on l negatiivne, mis tähendab seda, et see on imaginaarne. Kui võrrandi reaalosa võrduks nulliga, siis füüsikalisi järeldusi ei oleks võimalik teha. Füüsikalisi nähtusi või seadusi on võimalik kirjeldada ainult võrrandi reaalosaga.

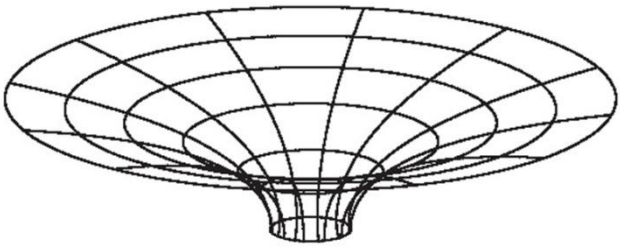
Näiteks Schrödingeri võrrand

$$-\frac{h^2}{2m}\Delta\Psi + U\Psi = ih\frac{d\Psi}{dt}$$

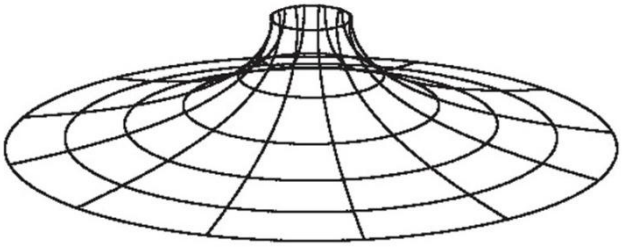
sisaldab imaginaarühikut ja seega on selle võrrandi kõik lahendid üldiselt kompleksarvuliste väärtustega. Arvestada tuleb ainult võrrandi reaalosa. Kompleksarve ei ole võimalik järjestada. Kompleksarvud füüsikas ise ei oma tegelikult füüsikalisi tähendusi, vaid tuleneb ainult matemaatikast. Paljud füüsika võrrandid kirjutatakse sageli komplekskujul, sest siis on lihtsam sooritada arvutusi (näiteks tuletusi ja integreerimist). Kuna Schrödingeri võrrand on kvantmehaanika põhivõrrand, mis on ka komplekskujul, siis peaaegu ka kõik teised kvantmehaanika matemaatilised avaldised on kompleksed.

Kui kompleksarvu võrrandi reaalosa võrdub nulliga, siis seega füüsika seadusi ei saa see kirjeldada, sest füüsikalisi nähtusi või seadusi on võimalik kirjeldada ainult võrrandi reaalosaga. Kuid positiivne ja negatiivne ehk reaalne ja imaginaarne l tekitabki aegruumi tunneli efekti, mida me joonistel näeme. Reaalses maailmas realiseerub ainult reaalne l, mille korral eksisteerivad Universumis meile tuntud gravitatsiooniväljad. Kuid imaginaarne osa reaalsuses ei realiseeru ja seetõttu arvataksegi, et ussiurked jäävad pigem teadusliku-fantastika valdkonda.

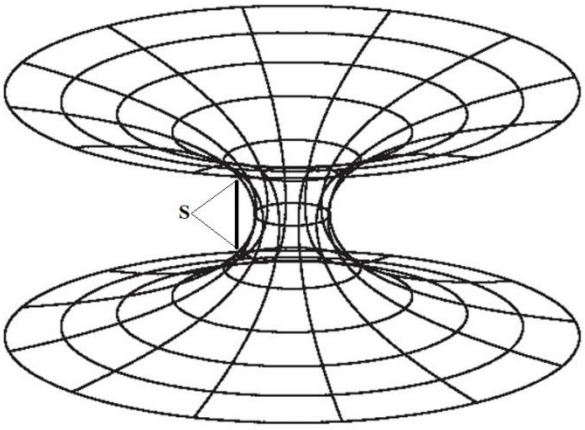
Imaginaarne osa ei olegi tegelikult niivõrd oluline, kuna imaginaarne osa kattub juba hyperruumi dimensiooniga. Hyperruum on imaginaarne ruum, milles saab liikuda ajas. See tähendab seda, et aegruumi tunneli asemel vaatleme hoopis aegruumi auku, mis on reaalne ja mida võib füüsikaliselt tõlgendada „aknana“ või „väravana“, mille kaudu on võimalik jõuda hyperruumi. Aegruumi augu kaudu saab liikuda tavaruumist hyperruumi ja hyperruumist tavaruumi. Võib ka nii tõlgendada, et reaalne l näitab „väljumist tavaruumist“:



ja imaginaarne l näitab „sisenemist hyperruumi“:

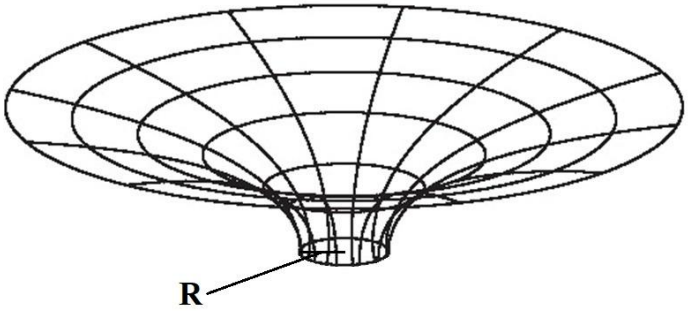


Selline oleks kõige täpsem tõlgendusviis. Tunneli pikkust s kirjeldavat parameetrit või avaldist:



me aegruumi tunneli meetrikast tegelikult ei leiagi.

Kuid siinkohal on oluline märkida seda, et aegruumi tunneli tekitab aegruumi auk ehk aegruumi augu ümber tekib aegruumi tunnel, kuna aegruumi augu ümber on aegruum kõverdunud. Aegruumi augu „pinnal“ ehk „serval“ on aegruum kõverdunud lõpmatuseni. Joonis:



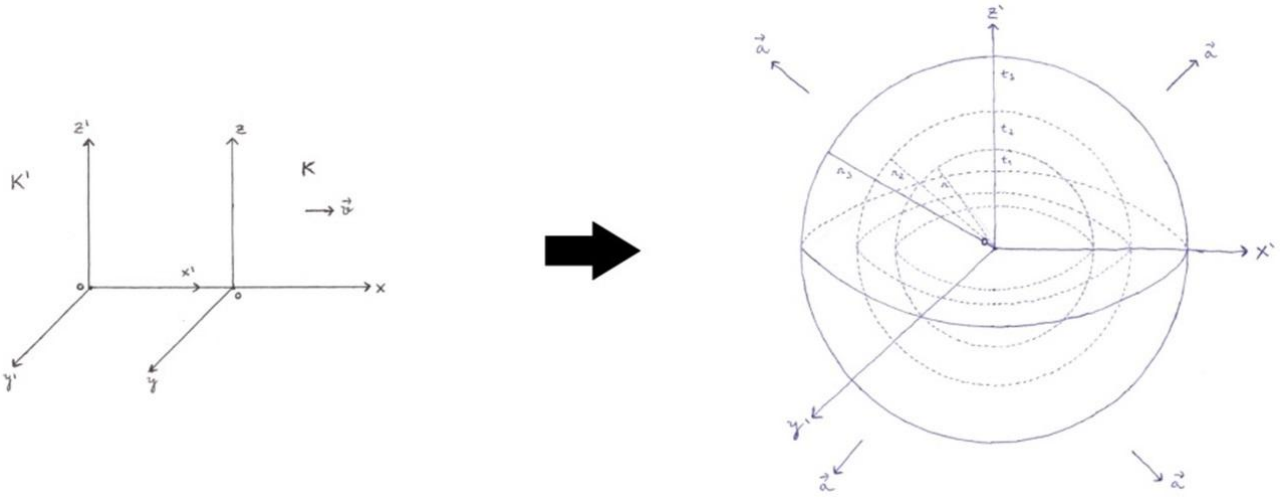
Aegruumi augu suurust aegruumis näitab ära selle raadius R:

$$R = \frac{2GM}{c^2}$$

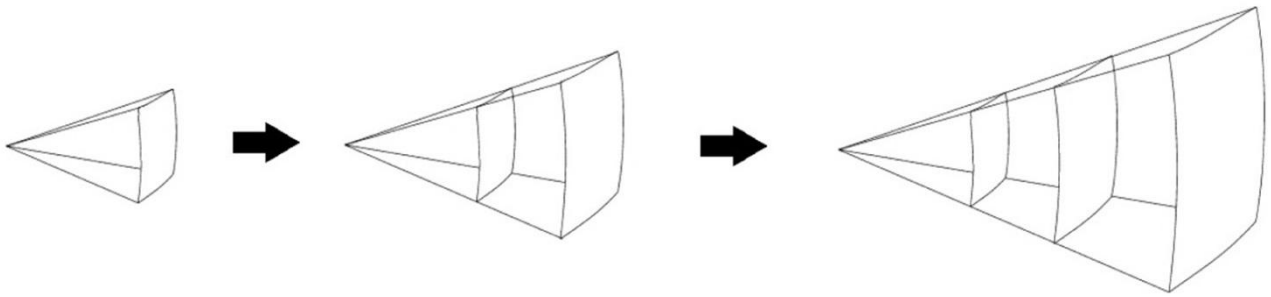
mis antud juhul kattub Schwarzschildi raadiuse avaldisega.

Aegruumi auku võib mõista kui avaust ehk „ust“ või „akent“, mille kaudu saab „siseneda“ hyperruumi. Läbi aegruumi augu pääseb hyperruumi ehk väljapoole aegruumi. See tähendab, et kui inimene on sattunud aegruumi auku, siis on inimene sattunud läbi selle ka hyperruumi dimensiooni. Samasugune põhimõte kehtib ka aegruumi augu kunstliku loomise korral.

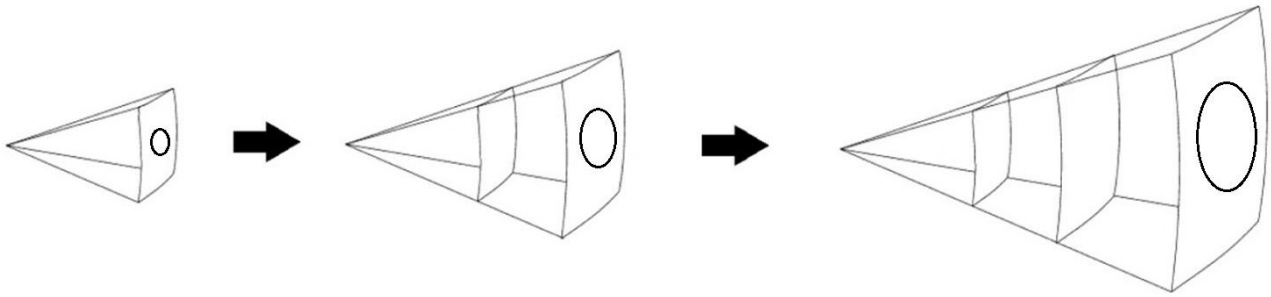
Tavaruumi K ja hyperruumi K’ füüsikaline süsteem avaldub looduses Universumi kosmoloogilise paisumisena, joonis:



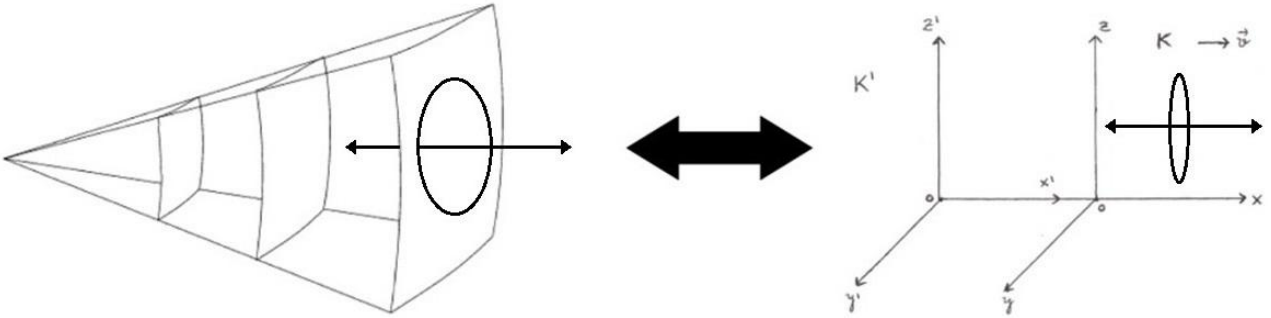
Universumi paisumisel eemalduvad galaktikad üksteisest seda kiiremini, mida kaugemal need üksteisest on. Sellisel juhul „liigub ruum“, mitte otseselt galaktikad ise, joonis:



Aegruumis eksisteeriv aegruumi auk „liigub“ Universumi paisumisega kaasa, joonis:

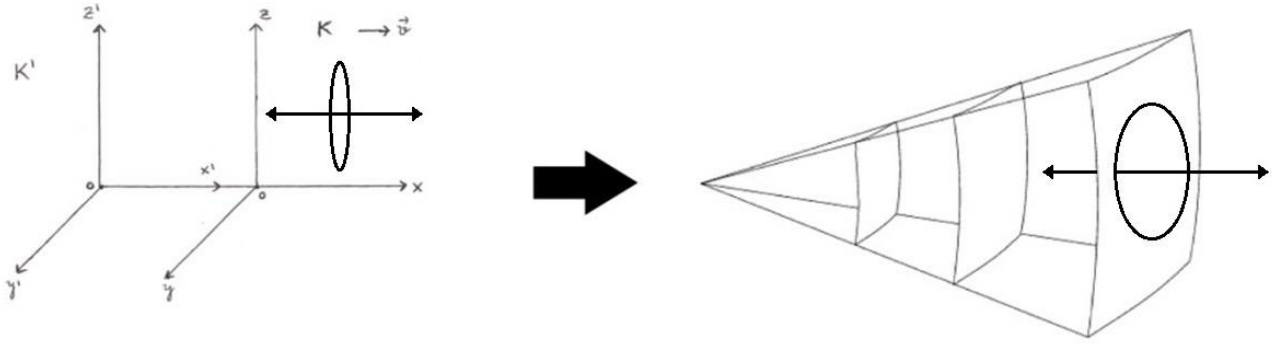


Aegruumi auku võib mõista kui avaust ehk „ust“ või „akent“, mille kaudu saab „siseneda“ hyperruumi. Joonis:

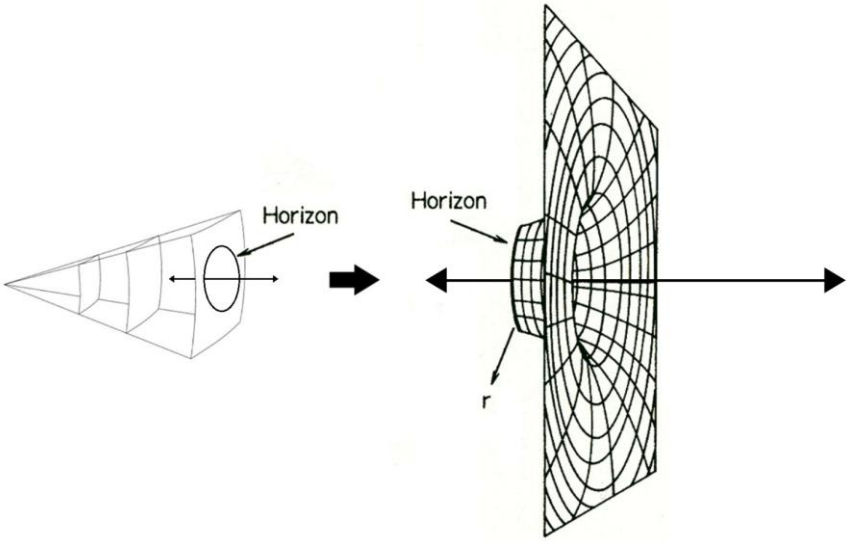


Läbi aegruumi augu pääseb hyperruumi ehk väljapoole aegruumi. See tähendab, et kui inimene on sattunud aegruumi auku, siis on inimene sattunud läbi selle ka hyperruumi dimensiooni.

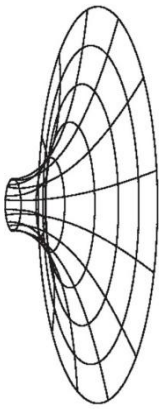
Samasugune põhimõte kehtib ka aegruumi augu kunstliku loomise korral. Joonis:



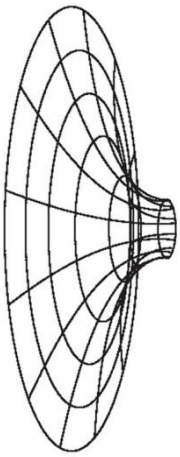
Näiteks must auk (selle Schwarzschildi pind („Horizon“) Schwarzschildi raadiusega r) on aegruumi auk, mille kaudu on võimalik „siseneda“ hyperruumi, joonis:



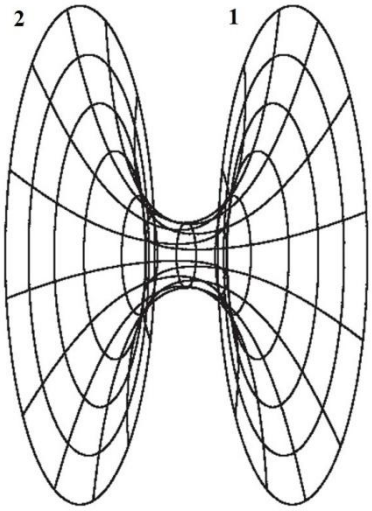
Viimasest joonisest on selgesti näha, et aegruumi auku (raadiusega r) võib füüsikaliselt tõlgendada „aknana“ või „väravana“, mille kaudu on võimalik jõuda hyperruumi ehk väljapoole aegruumi. Aegruumi auk on reaalne, mitte imaginaarne. Aegruumi augu kaudu saab liikuda tavaruumist hyperruumi ja hyperruumist tavaruumi. Viimases joonises on selgesti näha eespool esitatud analüüsi ja selle tõlgenduse õigsust, mille korral näitab reaalne l „väljumist tavaruumist“:



ja imaginaarne l näitaks „sisenemist hyperruumi“:



Selline oleks kõige täpsem aegruumi tunneli ehk ussiurke füüsikalise olemuse tõlgendusviis. See tuleneb otseselt sellest, et ussiurke meetrilise võrrandi lahend ühendab omavahel kaks tasast aegruumi piirkonda, mille korral on üks positiivne ja teine negatiivne ehk üks on reaalne ja teine imaginaarne. Joonis:

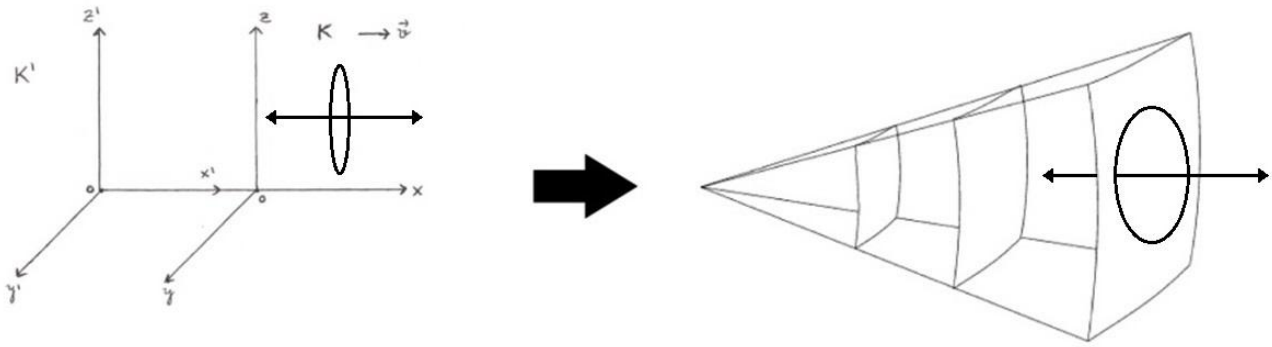


Sellisel juhul ei olegi aegruumi tunnelid ehk ussiurked enam teaduslikku-fantastikasse kuuluvad väljamõeldised, vaid tegelikult reaalsed füüsikalised nähtused, kuna aegruumi augud on reaalselt eksisteerivad nähtused Universumis.

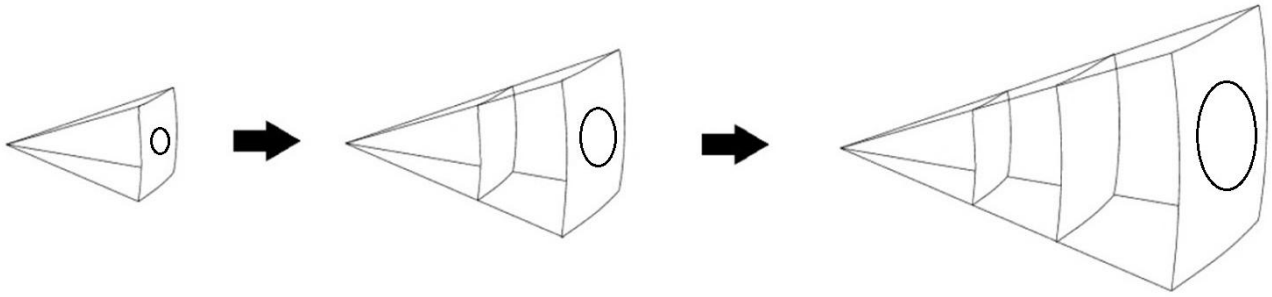
Kuna aegruumi lõkspind kui aegruumi auk eksisteerib ajas ehk see „liigub“ hyperruumi suhtes teatud teepikkuse x, siis see loobki tunneli, mille pikkust on võimalik välja arvutada matemaatiliste võrrandite kaudu.

Aegruumi lõkspinna poolt moodustatud kerajas aegruumi auk (näiteks must auk) võib liikuda ka meie igapäevaselt kogetavas ruumis ehk tavaruumis. Kuid ajas eksisteerimise korral liigub aegruumi auk hyperruumi suhtes mingisuguse teepikkuse x, mida ongi võimalik tõlgendada „aegruumi tunnelina“. Just selle tunneli „pikkusest“ sõltubki see, et kui kaugele ajas liigutakse.

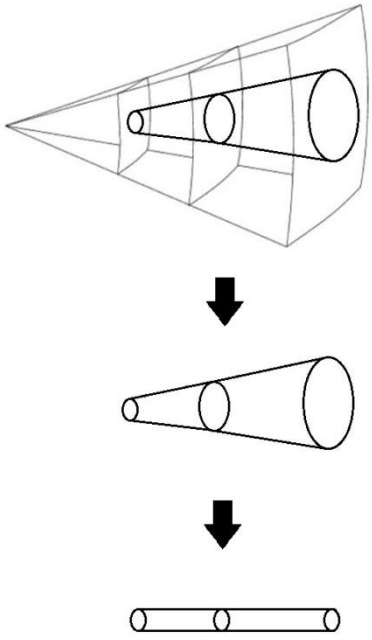
Tavaruumi K ja hyperruumi K’ füüsikaline süsteem avaldub looduses Universumi kosmoloogilise paisumisena, joonis:



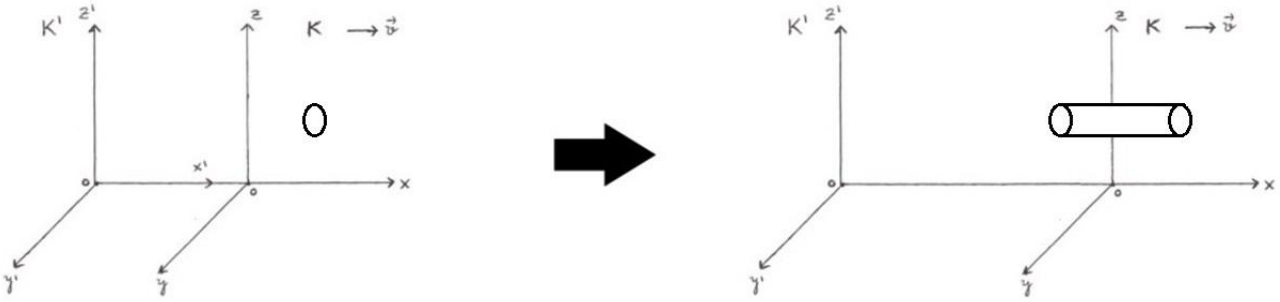
Aegruumis eksisteeriv aegruumi auk „liigub“ Universumi paisumisega kaasa, joonis:



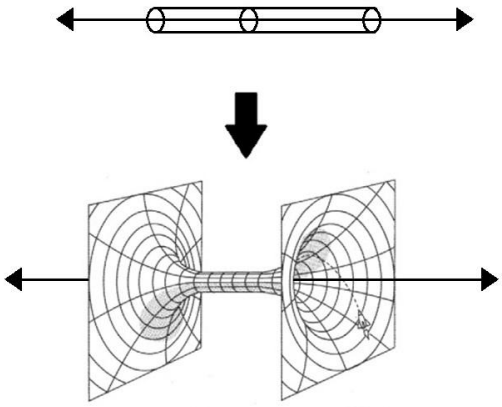
Sellest tulenevalt tekitab aegruumi auk tunneli efekti, joonis:



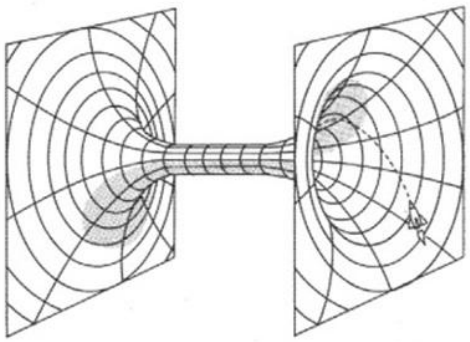
See tähendab seda, et aegruumi augu „liikumine“ hyperruumi suhtes (mitte tavaruumi suhtes) tekitab tunneli efekti ja seda just hyperruumi suhtes, joonis:



Seda tekkivat tunnelit on võimalik füüsikaliselt tõlgendada aegruumi tunnelina, joonis:



Aegruumi tunnel võimaldab „liikuda“ hyperruumis, mis võimaldab omakorda liikuda ajas ja teleportreeruda ruumis. Mida pikem on aegruumi tunnel, seda pikema teepikkuse saab läbida hyperruumis ja seega seda kaugemale ajas või ruumis saame teleportreeruda. Joonis:



MÄRKUS: Aegruumi augud võivad tavaruumis liikuda, näiteks mustad augud liiguvad maailmaruumis ühest asukohast teise. Kuid aegruumi augu liikumine tavaruumis ei tekita aegruumi tunneli efekti meie tajutavas ruumis. Aegruumi tunnel saab tekkida ainult hyperruumi suhtes vaadatuna ehk aegruumi tunnel tekib ainult aegruumi augu eksisteerimisest ajas. See tähendab, et aegruumi tunnel on ajast tingitud füüsikaline nähtus.

2.2.21.1.3 Kehavälise oleku surematus

Kui inimene satub kliinilise surma seisundisse, siis võib inimesel esineda kehavälise oleku

teadvustamine. See tähendab, et bioloogilise keha asemel eksisteerib inimene kehavälises olekus energiaväljana, mitte enam rakkudest, aatomitest ega molekulidest. Inimese bioloogiline keha ei eksisteeri igavesti. Statistika järgi on inimese keskmine eluiga umbes 70 – 90 eluaastat sõltuvalt riikidest ja rahvustest. Inimene sureb enamasti vanadusse, kuid ka haigustesse, õnnetuste või kuritegevuse tagajärjel. Kuid kehavälises olekus võib inimene eksisteerida igavesti. See tähendab, et kehaväline olek võib kesta lõputult, kuna seda näitab meile selle valdkonna kirjeldav füüsika. Näiteks, kuna kehavälises olekus eksisteerib inimene elektromagnetlainete väljana, mis eksisteerib väljaspool aegruumi ehk hyperruumis, siis seega ei ole mingisugust põhjust arvata, et miks sellise välja eksisteerimine peaks lakkama hyperruumis. Ei ole teadaolevaid veenvaid põhjusi, et miks selline füüsikaline olek peaks kuidagi lakkama eksisteerimast hyperruumis. Näiteks kehavälises olekus eksisteeritakse aegruumist väljapool, mitte aegruumis ja ei toimu valguse neeldumist hyperruumis, mis põhjustaks selle lakkamist. Seetõttu saabki väita, et selline füüsikaline olek eksisteerib ilmselt sama kaua, kui eksisteerib Universum. Kuna Universumi kui aegruumi ja hyperruumi füüsikaline süsteem eksisteerib praeguste füüsikateooriate järgi igavesti, siis seega ka kehavälises olekus saab inimene eksisteerida igavesti.

Valgusolend kui seisumassita füüsikaline keha eksisteerib hyperruumis ehk „aegruumist väljapool“, milles ei eksisteeri enam aega ega ruumi. Võib kindlalt väita, et kehaväline olek võib kesta lõputult, kuna seda näitab meile selle valdkonna kirjeldav füüsika. Näiteks tuleneb see otseselt sellest, et valgusolendi poolt kiiratavad elektromagnetlained liiguvad kõik kiirusega c ja mitte otseselt üksteise suhtes, vaid kõik elektromagnetlained liiguvad ühe korraga hyperruumi suhtes ja tavaruumiga kaasa. Tavaruum ise liigub samuti hyperruumi suhtes kiirusega c. Sellest tulenevalt liigub ka valgusolend ise tervikuna tavaruumiga kaasa kiirusega c.

> Kuna see võtab lõpmata kaua aega, siis seega valgusolendi elektromagnetlainete omavaheline konfiguratsioon (millel põhineb teadvus ja psüühika) jääb samuti igaveseks ajaks kestma. See aga tähendab valgusolendi lõpmatut eluiga. Kehavälises olekus eksisteeriks inimene täpselt sama pikka aega kui Universumi aegruum. Kuna Universumi aegruum eksisteerib ajas rändamise füüsikateooria järgi igavesti, siis seega jääks ka kehast väljunud inimene igavesti eksisteerima.

> Kuna hyperruumis tekkiv footon liigub tavaruumiga kaasa valguse kiirusega c, mistõttu on selline footon meie tajutava aegruumi suhtes paigal, ja hyperruumis ei ole footonil mitte kuhugi neelduda, siis seega jääb hyperruumis tekkiv footon igavesti eksisteerima. Tavaruumis ehk aegruumis tekkiv footon neeldub varem või hiljem millegisse ehk lakkab eksisteerimast. Lühidalt öeldes, tavaruumis tekkiv footon varem või hiljem lakkab eksisteerimast, kuid hyperruumis tekkiv footon jääb igavesti eksisteerima.

Lõpmatu ulatusega tühjas ruumis (näiteks vaakumis) liikuv elektromagnetlaine on põhimõtteliselt lakkamatu. Sellisel valguslainel ei ole elektrilaengut ega isegi allikat, kui see peaks mingil põhjusel lakkama eksisteerimast. Kuna valguslainel puudub seisumass, siis peatuda see ei saa mitte kunagi, mis tähendab seda, et valgus peab pidevalt liikuma kiirusega c. Lõpmatu ulatusega tühi ruum võib olla reaalselt näiteks hyperruum või ka lõpmatu kõverusega aegruum.

> Näiteks musta augu Schwarzschildi pinnal on aegruum kõverdunud üldrelatiivsusteooria järgi lõpmatuseni ja seega on musta augu Schwarzschildi pind ehk musta augu tsenter välisvaatleja suhtes „lõpmata kaugel“. Lõpmata kauges ruumis lõikuvad näiteks omavahel ka üksteise suhtes olevad paralleelsed sirged. Valguse jõudmine musta augu tsentrisse võtab välisvaatleja suhtes lõpmatult kaua aega, kuid valguse enda suhtes jõuab valgus musta augu tsentrisse praktiliselt silmapilkselt. See kehtib ka vastupidisel juhul, mille korral tahab valgus musta augu tsentrist välja pääseda ehk seega liikuda ajatust dimensioonist ajalisse dimensiooni.

Inimese igavese elu võimalikkus tuleb mingil määral välja ka Albert Einsteini erirelatiivsus-

teoorias tuntud kaksikute paradoksina. Näiteks kui üks kaksikvendadest läheb kosmosereisile ja naaseb hiljem Maale tagasi, siis ei ole vennad enam täpselt ühevanused. Kosmoserändur on jäänud vennast nooremaks. Teoreetiliselt võib vanusevahe suurendada piiramatult. „Kaksikute paradoks“ on Albert Einsteini erirelatiivsusteoorias kirjeldatud aja aeglustumise ehk aja dilatatsiooni efekt. Näiteks mida lähemale liigub inimene valguse kiirusele vaakumis, seda aeglasemini ta ka vananeb välisvaatleja suhtes. Kuna aegruumist väljaspool ehk seega hyperruumis aega ega ruumi ei eksisteeri, siis sellele lähenedes aeglenebki inimese vananemine. Sellest võibki järeldada seda, et kui inimene ainult eksisteerikski hyperruumis, mitte enam aegruumis, siis inimene ei vananeks üldse ja seega ei sureks ta mitte kunagi välja. Järelikult oleks hyperruumis eksisteerides võimalik igavene elu. Selline järeldus oleks erirelatiivsusteoorias tuntud kaksikute paradoksi edasiarendus, mis näitaks igavese elu võimalikkuse füüsikalist põhimõtet: kui aega ei eksisteeriks, siis elu eksisteerimine saakski olla igavene.

2.2.21.1.4 Nähtamatu mehe mõistatus

Inimene eksisteerib kehavälises olekus elektromagnetväljana ehk valgusena ja seda väljaspool aegruumi ehk hyperruumis. Seda ei ole võimalik eksperimentaalselt tuvastada, kuna kõik katsed tehakse ajas ja ruumis ning kõik, mis eksisteerib väljaspool aega ja ruumi, ei ole võimalik katseliselt kontrollida.

> Inimeste surmalähedastes kogemustes näeb kehast väljunud inimene enamasti valgusolendeid. Kuid näiteks reanimatsioonipalatis tegutsevad arstid ja meditsiini õed ei näe ajutiselt surnud inimese läheduses eksisteerivaid valgusolendeid ega kehast väljunud inimest ennast. See tähendab seda, et valgusolendid on kehast väljunud inimesele tajutavad, kuid mitte reanimatsioonipalatis toimetavatele meditsiini töötajatele.
>
> Kui inimene väljub oma bioloogilisest kehast, siis on temal võime tungida läbi füüsiliste barjääride. Näiteks võib kehast väljunud inimene läbida reanimatsioonipalati ukse või läbida koguni inimest, kes parajasti püüab kehast väljunud inimest elustada.

Kuid siinkohal tuleb esile probleem, mida nimetatakse „nähtamatu mehe mõistatuseks“. See seisneb selles, et kui inimene eksisteerib tõepoolest kehavälises olekus valgusena väljaspool aegruumi, siis kuidas saab kehast väljunud inimene näha ümbritsevat füüsilist keskkonda. Põhimõtteliselt sama küsimus tekib ka siis, kui luuakse tehnoloogia, mis võimaldab inimest muuta nähtamatuks. Kuidas saab inimene näha ümbritsevat füüsilist keskkonda, kui ta ise on samal ajal nähtamatu? Sellest tulenebki „nähtamatu mehe mõistatuse“ paradoks.

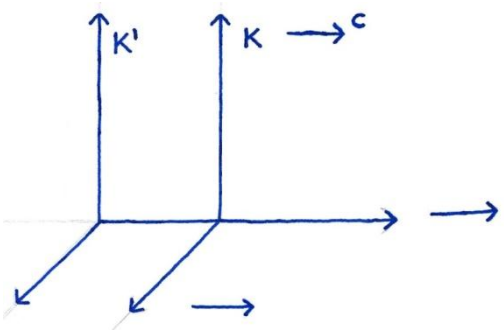
> Nähtamatu mehe mõistatus ei piirdu tegelikult ainult sellega, et kuidas saab nähtamatu inimene ise näha. Sellesse mõistatusse tuleb kaasata ka muid inimese tajuga seotud ilminguid. Näiteks kuidas saab kehast väljunud inimene kuulda reanimatsioonipalatis kõnelevaid arste ja meditsiini töötajaid, kui ta ise eksisteerib samal ajal väljaspool aegruumi, mistõttu arstid ja õed teda ei näe ega kuule?

Eelnevalt kirjeldatud nähtamatu mehe mõistatus oli alguses üks suurimaid probleeme inimese kehast väljumise füüsikateoorias. Käesolevaks ajaks on selge, et selle lahendamine seisneb teoorias, mis käsitleb tavaruumis ja hyperruumis eksisteerivate elektromagnetlainete omavahelist

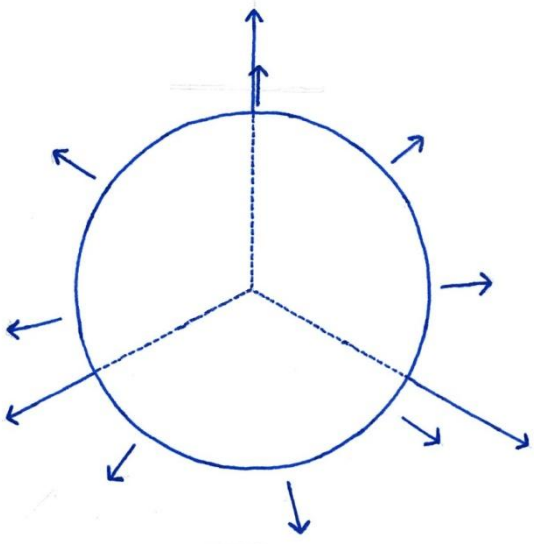
interfereerumist. Selline asjaolu viitab sellele, et kehast väljunud inimene ei eksisteeri väljaspool aegruumi ehk hyperruumis, vaid õigem oleks väita hoopis nii, et kehast väljunud inimene ja ka muud valgusolendid eksisteerivad tavaruumi ja hyperruumi piirimail. Seetõttu alustatakse nähtamatu mehe mõistatuse lahendamist aegruumi ja mateeria omavahelise seose kirjeldamisega, mis oli aluseks tegelikult ka inimese kehast väljumise füüsika mõistmisele. Nähtamatu mehe mõistatuse lahendamine sarnanebki suuresti inimese kehast väljumise füüsika mõistmisega. Kogu järgnev peatükk püüab anda vastuse nähtamatu mehe mõistatusele interfereeruvate elektromagnetlainete teooria näol.

2.2.21.1.4.1 Aeg, ruum ja liikumine

Aeg, ruum ja liikumine on omavahel fundamentaalselt seotud, mis ajas rändamise füüsikateooria mudelites väljendub hyperruumi K' (ajatu ja ruumitu dimensiooni) ja tavaruumi K (meie igapäevaselt kogetava ruumi) liikumissüsteemina: tavaruum „liigub“ hyperruumi suhtes valguse kiirusega c, kusjuures hyperruum K' ja tavaruum K ei ole taustsüsteemid (ei inertsiaalsed ega ka mitteinertsiaalsed taustsüsteemid). Seda kirjeldab meile järgmine joonis:



Tavaruumi K ja hyperruumi K´ kinemaatiline süsteem avaldub looduses Universumi kosmoloogilise paisumisena. Seetõttu kujutame eelmist joonist järgmiselt:



Elektromagnetlaine ja aegruumi omavahelises seoses ilmneb kolm väga olulist aspekti:

1. Valguse kiiruse c korral teisenevad aeg t ja ruum l lõpmatuseni ehk aja ja ruumi eksisteerimised lakkavad olemast:

$$t = \frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{t'}{0} = \infty$$

ja

$$l = l_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = l_0\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}} = l_0 * 0 = \frac{1}{\infty}$$

Valguse kiirusest c väiksematel kiirustel ei võrdu aja ja ruumi teisenemised enam lõpmatusega.

2. Kuid samas liigub valgus meie igapäevaselt tajutavas ruumis (s.t. tavaruumis) kiirusega c:

$$v = c$$

3. Valguse kui elektromagnetlaine tekkimine/sündimine toimub samuti valguse kiirusega c.

Nendest tulenevalt võib öelda seda, et valgus (s.t. elektromagnetlaine) eksisteerib täpselt kahe dimensiooni (tavaruumi K ja hyperruumi K') „vahelisel piiril". See tähendab seda, et elektromagnetlaine eksisteerib täpselt mõlema dimensiooni (tavaruumi K ja hyperruumi K') „piiri peal." Sellest tulenevalt võib väita seda, et valguse tekkimise ehk kiirgumise korral peaks valgus tekkima mõlemas dimensioonis korraga samaaegselt. See tähendab, et valgus tekib tavaruumis ja hyperruumis korraga samaaegselt ehk osa valgusest tekib tavaruumi ja teine osa hyperruumi.

> Selle arusaamiseks toome järgnevalt välja ühe näite kahe tühja anumaga. Oletame, et meil on üksteisele kõrvuti paiknevat tühja anumat. Kui neisse lasta vett niimoodi, et vesi kallata täpselt kahe anuma piiril, siis tungib vesi korraga samaaegselt mõlemasse anumasse. Täpselt sama põhimõte on ka valguse tekkimisega ehk kiirgumisega Universumis. Valgus (s.t. elektromagnetlaine) eksisteerib täpselt kahe dimensiooni (tavaruumi K ja hyperruumi K') „vahelisel piiril", millest tulenevalt võib väita seda, et valguse tekkimise ehk kiirgumise korral peaks valgus tekkima mõlemas dimensioonis korraga samaaegselt ehk osa valgusest tekib tavaruumi ja teine osa hyperruumi.

Valgus tekib tavaruumis ja hyperruumis korraga samaaegselt ehk osa valgusest tekib tavaruumi ja teine osa hyperruumi. Valgus tekib kiirusega c ehk elektromagnetlaine/footoni tekkimisel hakkab see koheselt liikuma kiirusega c.

Valguse liikumist tavaruumi K ja hyperruumi K' suhtes kirjeldab eespool välja toodud matemaatiline analüüs, mida saab kasutada ka antud nähtuse korral. Näiteks kui valgus tekib tavaruumi, siis see liigub tavaruumi suhtes kiirusega c. Näiteks kui pimedas toas panna lamp põlema, siis pime tuba muutub valgeks. Tavaruumi suhtes kiirusega c liikuv valgus on meile igapäevaselt tajutav valgus: näiteks elektripirni, lambi, küünla või Päikese valgus. Kui keha massiga m liigub tavaruumi K suhtes kiirusega c ehk v = c (näiteks footoni ehk valguse liikumine vaakumis), siis hyperruumi K´ suhtes on see keha paigal ehk v´ = 0. Eelnevalt tuletatud valemis

$$v = c\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

on sellisel juhul v = c:

$$v' = c\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}$$

ja saamegi hyperruumi K´ suhtes kiiruseks

$$v' = 0\,.$$

Reaalses maailmas tähendab see seda, et kui keha liigub vaakumis kiirusega c mistahes vaatleja suhtes, siis hyperruumi K´ suhtes on see keha paigal (s.t. „absoluutselt paigal“). Kuna keha m liigub sellisel juhul tavaruumi K suhtes kiirusega c ehk v = c, siis aeg on tavaruumi K suhtes teisenenud lõpmatuseni ehk △t = ∞:

$$\triangle t = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{t}{0} = \infty$$

ja seetõttu saame hyperruumi K´ suhtes keha liikumiskiiruseks:

$$v = \frac{s}{\triangle t}$$

ehk

$$v' = \frac{ct}{\triangle t} = \frac{ct}{\infty} = 0\,.$$

See tähendab seda, et kui keha m on tavaruumi K suhtes liikumiskiiruseks c ehk v = c, siis hyperruumi K´ suhtes ei ole aeg teisenenud ehk △t = t:

$$v = \frac{s}{\triangle t} = \frac{ct}{\triangle t} = c\,.$$

Kui aga keha m on hyperruumi K´ suhtes paigal ehk v´ = 0, siis tavaruumi K suhtes on aeg teisenenud lõpmatuseni ehk △t = ∞:

$$v' = \frac{s}{\triangle t} = \frac{ct}{\triangle t} = \frac{ct}{\infty} = 0\,.$$

Reaalses maailmas tähendab see seda, et kui mingi keha liigub vaakumis kiirusega c, siis see on konstantne kiirus mistahes vaatleja jaoks, kes vaakumis parajasti eksisteerivad. See tuleneb otseselt sellest, et mida lähemale jõuame keha liikumiskiirusele c, seda aeglasemini kulgeb aeg välisvaatleja suhtes. Kiirusel c liikudes läheb ajavahe △t lõpmata suureks ehk

$$\triangle t = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{t}{0} = \infty$$

ja see tähendab seda, et välisvaatleja suhtes kulgeb aeg lõpmata aeglaselt, kuid keha enda suhtes (nö. keha „omaajas“) kulgeb aeg lõpmata kiiresti. See tähendab seda, et keha jõuab omaajas tavaruumis K (näiteks vaakumis) mistahes ruumipunkti hetkega ehk lõpmata suure kiirusega: $v \longrightarrow \infty$. Kuid hyperruumi K´ suhtes on keha „absoluutselt“ paigal ja seetõttu ei ole hyperruumi K´ suhtes ka aja teisenemist ehk:

$$\triangle t = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{0^2}{c^2}}} = \frac{t}{1} = t\,.$$

See tähendab seda, et hyperruumi K` suhtes on keha kiirus „omaajas“ lõpmata väike.

Kui valgus tekib hyperruumi, siis liigub see hyperruumi suhtes kiirusega c, kuid tavaruumi

suhtes on see paigal ehk kiirus võrdub nulliga. Sellisel juhul peaks valgus olema meile nähtamatu. Sellise nähtuse kohta analoogiat reaalses maailmas ei leidugi. Meie igapäevaselt tajutavas aegruumis (näiteks vaakumis) liigub valgus alati kiirusega c, kuid näiteks mustast august ei pääse valgus välja. Mustas augus oleks valgus „jäänud nagu seisma“.

Kui keha massiga m on tavaruumi K suhtes paigal ehk v = 0, siis hyperruumi K´ suhtes liigub see kiirusega v´ = c. Näiteks kui meie kiiruse teisenemise valemis

$$v = c\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

on kiirus v võrdne nulliga ehk

$$v' = c\sqrt{1 - \frac{0^2}{c^2}}$$

siis saamegi hyperruumi K´ suhtes kiiruseks c:

$$v' = c\,.$$

Reaalses maailmas tähendab see seda, et absoluutselt kõik kehad Universumis, millel on seisumass m_0 ja seega seisuenergia $E_0 = m_0c^2$, liiguvad valguse kiirusega c hyperruumi K´ suhtes, kuid samas võivad need meie tavaruumis K olla paigal. Ka valguse suhtes liiguvad kõik kehad kiirusega c. Kuna keha m on tavaruumi K suhtes paigal ehk v = 0, siis tavaruumi K suhtes ei ole aeg teisenenud ehk △t = t:

$$\triangle t = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{0^2}{c^2}}} = \frac{t}{1} = t$$

ja seetõttu saamegi hyperruumi K´ suhtes keha liikumiskiiruseks:

$$v = \frac{s}{\triangle t}$$

ehk

$$v' = \frac{ct}{\triangle t} = c\,.$$

See tähendab seda, et kui keha m on tavaruumi K suhtes paigal ehk v = 0, siis hyperruumi K´ suhtes on aeg teisenenud lõpmatuseni ehk △t = ∞:

$$v = \frac{s}{\triangle t} = \frac{s}{\infty} = 0\,.$$

Kui keha m liigub hyperruumi K´ suhtes kiirusega c ehk v´ = c, siis tavaruumi K suhtes ei ole aeg teisenenud ehk △t = t:

$$v' = \frac{s}{\triangle t} = \frac{ct}{\triangle t} = c\,.$$

See tähendab seda, et kui esimesel juhul oli nii, et valgus liigub vaakumis ehk tavaruumis K kiirusega c, kuid hyperruumi K’ suhtes oli kiirus võrdne nulliga, siis antud juhul liigub valgus hyperruumi suhtes kiirusega c ja tavaruumi suhtes võrdub kiirus nulliga.

Kui valguslaine liigub tavaruumi K suhtes kiirusega c, siis hyperruumi K´ suhtes on see valguslaine aga paigal ehk v = 0. Sellisel juhul eksisteerib valgus tavaruumis K ehk meie igapäevaselt tajutavas aegruumis, liikudes vaakumis kiirusega c. Kuid hyperruumis K´ teda ei eksisteeri. Kui aga valguslaine on tavaruumi K suhtes paigal, siis hyperruumi K´ suhtes liigub see

valguslaine kiirusega c. Sellisel juhul eksisteerib see valguslaine hyperruumis ehk meie igapäevaselt tajutavast aegruumist väljapool, mitte enam tavaruumis. Hyperruumi dimensioon on aegruumi väline dimensioon, milles ei eksisteeri enam aega ega ruumi.

2.2.21.1.4.2 Nägemisaisting

2.2.21.1.4.2.1 Valetõlgendus

Eespool me tõdesime, et mistahes elektromagnetlaine kiirgumise (s.t. tekkimise) korral tavaruumis ehk aegruumis peab seda tekkima samaaegselt ka hyperruumis ehk aegruumist väljapool. Kuid peale selle tekib elektromagnetlaineid hyperruumis ka siis, kui tavaruumis toimuvad valguse peegeldumised, kuna sellega kaasnevad ka valguse neeldumised, mille tagajärjel esinevad lokaalsete väljade muutused aines. Niimoodi tekib hyperruumis valgus, mille lainepikkused saavad olla võrdsed tavaruumis leviva valguse lainepikkusega. Sellest võib järeldada, et hyperruum on „valgustatud“:

> Hyperruum ei olegi tegelikult nö. „tühi ruum“ või „pime ruum“, vaid tegemist on üsna „valgustatud ruumiga“, kuna elektromagnetlained, mis tekivad hyperruumis, saavad liikuda hyperruumi dimensioonis edasi sarnaselt nii nagu tavaruumis tekkiv valgus.
>
> Hyperruumi on võimalik vaadelda või käsitleda „peegelmaailmana“ ehk „peegeldimensioonina“. See tähendab eelkõige seda, et tavaruumis ehk ajas ja ruumis nähtav on nähtav ka hyperruumis, kuid hyperruumis ei võta see maailm füüsilise vormi nagu seda on tavaruumis. Näiteks hyperruumis eksisteerib ainult valgus, kuid tavaruumis eksisteerib peale valguse ka veel aatomid ja molekulid. Peegelmaailma omapära seisneb ka veel selles, et hyperruumis nähtav ei ole nähtav tavaruumis.

Sellest kõigest võib järeldada, et sellisest valgusest sõltubki kehast väljunud inimese nägemine ja seega on nähtamatuse mehe mõistatus lahendatud. Kuid see ei vasta siiski tõele.

Elektromagnetlained ehk valguslained, mis tekivad hyperruumis, ei saa levida hyperruumi dimensioonis sarnaselt nii nagu seda teevad valguslained tavaruumis. Sellest tulenevalt ei saa kehast väljunud inimesed ega valgusolendid, kes eksisteerivad hyperruumis, otseselt näha elektromagnetlaineid, mis tekivad hyperruumis. Näiteks tavaruumis tekkiv valguslaine levib oma tekkekohast edasi ja jõuab lõpuks inimese silmadesse, mistõttu tekib inimese ajus nägemise aisting. Kuid hyperruumis tekkiv valguslaine ei levi oma tekkekohast hyperruumi dimensioonis edasi ja seetõttu ei jõua selline valguslaine valgusolendi või kehast väljunud inimese elektromagnetlainete piirkonda.

2.2.21.1.4.2.2 Õige tõlgendus

Valgusaistinguid võtavad silmas vastu retseptorid, mida on kahte liiki. Värvuste peale reageerivad kolvikesed ja nõrga valguse peale kepikesed. Retseptorid muudavad erutuse elektriimpulssideks ja need saadetakse nägemisnärvi. Parem ja vasak nägemisväli omavahel ühendatakse nägemisnärvi ristmikus, kus närvikiud, mis lähtuvad mõlemast silmast, omavahel kohtuvad. Pärast ühendumist saadetakse nägemisaisting edasi sügavamale aju soppidesse.

Inimese silmapõhjas asub närvirakkudest võrk, mis on mitmekihiline ja kus sinna jõudev valgus muundub närviimpulsideks. Mõlematest silmadest jõuab umbes miljon närvikiudu otse ajukoesse, milles visuaalne info on erinevate piirkondade vahel ära liigendatud. Kuid kiudude vahel olev ruumiline kord jääb samasuguseks kogu aja jooksul, mil see suundub ajukoesse. Silma võrkkestal olevad naaberkohad saadavad oma andmed ajus olevatele naaberkohtadesse ja seetõttu jääb ajusse suundunud silmapõhja asukohtade kaart samasuguseks. Nii inimeste kui ka ahvide ajus on selliseid ruumilisi kaarte vähemalt 40. Umbes 80-150 ms võtab aega virgeseisundis inimesel signaali teadvustamine alates ärritaja mõju algusest meeleelundeile. Seni kaua signaali töödeltakse ja moduleeritakse eelteadvuslikult ajukoores. Ajus olevad nägemisalad töötlevad nägemisorganitest saadud informatsiooni spetsialiseeritult. See tähendab seda, et kindlatele kujutistele, mis inimese silmapõhjas tekkida võivad, reageerivad just sellised ajurakud, mis eksisteerivad ühes kindlas nägemisalas.

Talamus on esimene ajupiirkond, mis nägemisaistingut töötleb. Talamuses analüüsivad osad neuronid värvusi ja kontuure, kuid teised aga liikumist ja sügavust. Kuid lõplik visuaalne pilt moodustub visuaalses ajukoores ehk korteksis, kuhu suunduvad lõpuks nägemisnärvi kiud. Visuaalsest korteksist omakorda saadetakse nägemisinfo aju teistele osadele. Peab ära märkima, et visuaalse kujutise saatmise intensiivsus väheneb, kui aju on visuaalsest infost juba aru saanud.

Talamus ja hüpotalamus moodustab vaheaju. Talamuses asuvad sellised tuumad, mida võib tõlgendada „vahejaamadena“ tajutud info edastamisel ajukoorde. See tähendab seda, et enne info jõudmist ajukoorde läbib see talamuse tuumasid, milles toimub samuti infotöötlus.

Kogu maailmapilt on inimese ajus erinevate ajupiirkondade vahel ära „liigendatud“. See tähendab seda, et erinevaid psüühilisi omadusi ja teadvuse elamusi töötlevad erinevad lokaalsed ajupiirkonnad. See on teaduslik fakt.

> Kuna inimese kehast väljumise korral „eralduvad“ füüsikalised väljad erinevatest ajupiirkondadest üle terve aju, siis järelikult peaksid töötlema inimese erinevaid psüühilisi omadusi ja teadvuse elamusi kehast väljumise oleku korral samuti just erinevad elektromagnetlainete ehk väljade ruumipiirkonnad. See tähendab seda, et kogu maailmapilt peaks inimese kehast väljunud olekus olema erinevate elektromagnetlainete ruumipiirkondade vahel ära liigendatud täpselt nii nagu on seda erinevate ajupiirkondade korral. Nende kahe vahel peaksid sarnasused olema üsna ilmsed.
>
> Kuna kogu inimese maailmapilt peaks erinevate elektromagnetväljade ruumipiirkondade vahel olema ära liigendatud täpselt nii nagu on seda erinevate ajupiirkondade korral, siis seega võivad ruumis paiknevate miljonite elektromagnetlainete „asendid“ üksteise suhtes olla sarnaselt nii nagu seda on miljonite neuronite väljade korral inimese bioloogilises ajus. See tähendab seda, et miljonite elektromagnetlainete paiknemised ruumis ehk nende üldine ruumiline struktuur/ehitus peab sarnanema inimese aju (närvisüsteemi) neuronite võrgustiku ehitusega. Näiteks miljonid neuronid moodustavad sellise ühtse bioloogilise süsteemi ehk võrgustiku, mida me väljaspoolt näemegi ajuna. Täpselt sama peaks olema ka miljonite elektromagnetlainetega hyperruumis ehkki kehast väljunud inimene näeb väljaspoolt „ühtse valgusväljana“.

Mistahes liikumine on suhteline. Näiteks kui hyperruumis tekib elektromagnetlaine, siis tekkimise hetkel hakkab see koheselt liikuma kiirusega c. Sellisel juhul liigub see hyperruumi suhtes kiirusega c, kuid tavaruumi suhtes jääb see paigale. See tähendab, et elektromagnetlaine

liigub tavaruumiga kaasa, mille korral on mõlema liikumiskiirus võrdne c-ga. Kui tavaruumis tekib elektromagnetlaine, siis hakkab see samuti tekkimise hetkel koheselt liikuma kiirusega c. Sellisel juhul liigub see tavaruumi suhtes kiirusega c, kuid hyperruumi suhtes jääb see paigale. Selline olukord avaldub näiteks vaakumis tekkiva ja leviva valguse korral. Mõlemal juhul avaldub elektromagnetlaine liikumiskiirus c. Seetõttu võib järeldada, et elektromagnetlained, mis tekivad hyperruumis ja tavaruumis, võivad sattuda omavahel kontakti ehk vastastikmõjusse ehkki need eksisteerivad erinevates aegruumi dimensioonides.

Eespool me näitasime, et vaakumis leviv elektromagnetlaine eksisteerib kahe aegruumi dimensiooni „vahel“ ehk täpselt tavaruumi ja hyperruumi vahelisel „alal“. See tähendab seda, et vaakumis leviv elektromagnetlaine eksisteerib tavaruumis ja hyperruumis ühe korraga. Näiteks tavaruumi suhtes liigub elektromagnetlaine kiirusega c, mis tähendab seda, et vaakumis liigub see kiirusega c. Valguse kiirusega c liikuva keha jaoks teiseneb aeg lõpmatuseni:

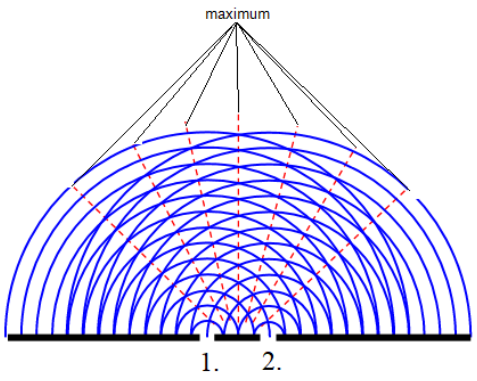
$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \infty$$

See tähendab seda, et mistahes ruumipunkti Universumis jõuab valgus „omaajas“ kõigest silmapilkselt ehk 0 sekundiga. Sellisel juhul ei eksisteeri enam aega. Selle järgi eksisteeriks see sama valguslaine ka hyperruumis, kuna hyperruumis ei eksisteeri aega ega ruumi. Seetõttu võib see valguslaine sattuda vastastikmõjusse hyperruumis eksisteeriva valguslainega.

> Albert Einsteini relatiivsusteooria järgi võib elektromagnetlaine liikuda kosmoses ühest galaktikast teise miljonite aastate jooksul, kuid sellegipoolest jõuab see „omaajas“ sihtkohta kõigest ühe hetkega ehk 0 sekundiga.

Elektromagnetlained, mis eksisteerivad erinevates aegruumi dimensioonides, saavad omavahel sattuda vastastikmõjusse ehk „kontakteeruda“. See tähendab seda, et elektromagnetlained, mis tekivad tavaruumis ja hyperruumis, on võimelised omavahel kontakteeruma. Näiteks hyperruumis eksisteeriv valguslaine saab kontakteeruda tavaruumis eksisteeriva valguslainega. Elektromagnetlainete „kontakteerumine“ väljendub interferentsi nähtusena. See tähendab seda, et hyperruumis eksisteeriv valguslaine interfereerub tavaruumis eksisteeriva valguslainega, mille korral kehtivad kõik tuntud valguslainete interferentsi füüsikaseadused.

> Näiteks kui visata veega täidetud tiiki korraga kaks kivi, siis kivide kukkumiskohtadest levima hakanud ringlained liituvad. Selle tulemusena mõnedes kohtades lained tugevdavad üksteist, teistes kohtades nõrgendavad. Kahe laine liitumist, mille tulemusena erinevais ruumipunktides võnkumised tugevdavad või nõrgendavad üksteist, nimetataksegi interferentsiks. Joonis:



> Valguse interferentsiks nimetatakse valguslainete liitumist, mille tulemusena valguse intensiivsus mingis ruumipunktis suureneb või väheneb. Valguse intensiivsus näitab,

kui palju energiat kannab valguslaine ajaühikus läbi pinnaühiku. Interfereeruvad lained tugevdavad üksteist maksimaalselt, kui käiguvahe on võrdne paarisarv poollainepikkusega. Lained nõrgendavad üksteist maksimaalselt kui käiguvahe on võrdne paaritu arvu poollainepikkusega. Käiguvahe on teepikkuste erinevus (vahe), mis tuleb lainetel läbida liitumispunkti jõudmiseks.

Interferents seisneb lainete liitumises. Valguslainete liitumise korral liituvad mingil ajahetkel lainete elektrivektorid. Pärast hetkelist liitumist levivad lained edasi nii, nagu poleks midagi juhtunud. Seetõttu läbivadki valgusvihud üksteist mõjustamata. Sellist nähtust nimetatakse superpositsiooniks ja selle kirjeldust superpositsiooni printsiibiks. Näiteks kui liituvad lained tugevdavad üksteist, siis liitlaine amplituud on võrdne liituvate lainete amplituutide summaga. See ongi kirjeldatav ka valguslaine elektrivälja vektorite abil:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = 2\vec{E}_1$$

Elektrivektorid ehk elektrivälja vektorid on elektrivälja tugevuse vektorid $\vec{E}$, mis kirjeldavad valguslaine elektrivälja.

Kehast „väljumisel“ eksisteerib inimene hyperruumis ainult elektromagnetlainetena ehk valguslainetena. Sellisel juhul liiguvad kõik valguslained hyperruumi suhtes ehk seega tavaruumiga kaasa kiirusega c, mistõttu jäävad need tavaruumi suhtes paigale. Kuna tavaruumis levivad samuti valguslained, siis seega jäävad hyperruumis eksisteerivad valguslained neile ette. See tähendab, et tavaruumi suhtes paigal olevad elektromagnetlained ja tavaruumis levivad elektromagnetlained omavahel interfereeruvad.

Sellisel juhul ei esine interferents ainult liikuvate valguslainete korral. See võib esineda näiteks ka siis, kui üks laine liigub ja teine laine on „paigal“. Kuid täpsemalt kirjeldades esineb inteferents ikkagi liikuvate valguslainete korral. Näiteks tavaruumis, mis on meie igapäevaselt tajutav ruumidimensioon, liigub valguslaine kiirusega c. Niisamuti ka hyperruumis liigub valguslaine kiirusega c, kuid sellisel juhul liigub valguslaine tavaruumiga kaasa, mistõttu on valguslaine tavaruumi suhtes paigal, kuid hyperruumi suhtes see liigub kiirusega c. See tähendab seda, et mõlemal juhul – tavaruumis ja hyperruumis – liigub valguslaine kiirusega c, mistõttu esineb inteferents tegelikult ikkagi liikuvate valguslainete korral.

Interferentsi nähtuse ehk valguslainete liitumise ja sellest tingitud superpositsiooni printsiibi tõttu läbivad üksteist hyperruumis eksisteerivad valguslained ja tavaruumis levivad valguslained, kuid valguslainete liitumise korral liituvad mingil ajahetkel lainete elektrivektorid. Pärast hetkelist liitumist levivad lained tavaruumis edasi nii, nagu poleks midagi juhtunud. Seetõttu jäävad hyperruumis eksisteerivad elektromagnetlained tavaruumis nähtamatuteks.

Võib väita, et kehast väljunud inimene on nähtamatu sellepärast, et ta eksisteerib hyperruumis ehk aegruumist väljaspool. Kuid peale selle võib nähtamatuse põhjuseks pidada ka veel seda, et hyperruumis eksisteerivad valguslained ja tavaruumis eksisteerivad valguslained interfereeruvad üksteisega, mille tulemusena ongi hyperruumis eksisteerivad valguslained tavaruumis nähtamatud. See tähendab, et selletõttu on valgusena eksisteerivad eluvormid ehk seega valgusolendid ja kehadest väljunud inimesed aegruumis nähtamatud.

Näiteks nähtamatuks esemeks aegruumis võib olla tavaline klaas. Klaasid on tehtud sellisest materjalist, et kui valgus langeb nähtamatule klaasile, siis suurem osa valgusest läbib selle, osa neeldub ja väga väike osa peegeldab tagasi. Osa valgusest neeldub, mistõttu klaas soojeneb. Näiteks aknaklaasid on üldiselt nähtamatud, mis lasevad päevavalgust hästi läbi. Kuid päikese käes need klaasid soojenevad, kuna klaasid ka neelavad valgust. Klaasi

nähtamatus tuleneb selle materjalist ehk aine ja valguse omavahelisest vastastikmõjust. Näiteks peegel on selline ese, mis peegeldab peaaegu täielikult valgust tagasi. Kuid valgusolendite ja kehadest väljunud inimeste nähtamatus tuleneb aegruumi ja valguse omavahelisest vastastikmõjust.

Kuid lainete elektrivektorite hetkeline liitumine mõjutab hyperruumis eksisteerivaid valguslaineid, sest kui hyperruumis ühe valguslainega midagi juhtub, siis see mõjutab silmapilkselt ka teisi valguslaineid hyperruumis, mitte tavaruumis. See tuleneb hyperruumi kui aegruumi välise dimensiooni omapärast, mida me juba eespool pikalt käsitlesime.

Erinevate elektromagnetlainete väljade omavaheline vastastikmõju hyperruumis toimib sarnaselt nii nagu seda on näiteks üksteisele piisavalt lähedal olevate elektriliselt laetud kehade omavaheline vastastikmõju aegruumis. See tähendab seda, et kui ühe elektromagnetlainega midagi juhtub (näiteks muutub sagedus, energia või impulss), siis mõjutab see silmapilkselt (ehk 0 sekundiga) ka teist elektromagnetlainet. Selline vastastikmõju on oma olemuselt palju abstraktsem kui näiteks elektrilaengute vaheline vastastikmõju aegruumis. Elektriliselt laetud kehad mõjutavad ajas ja ruumis ehk tavaruumis üksteist väljade kaudu elektrijõududega.

Erinevate elektromagnetlainete väljade omavaheline vastastikmõju hyperruumis toimib sarnaselt nii nagu seda on näiteks üksteisele piisavalt lähedal olevate elektriliselt laetud kehade omavaheline vastastikmõju aegruumis:

$$E = E_1 + E_2$$

See tähendab seda, et näiteks ühe footoni spinni muutumine mõjutab silmapilkselt (ehk 0 sekundiga) ka teise footoni spinni:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

ehk

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

Selline vastastikmõju on oma olemuselt palju abstraktsem kui näiteks elektrilaengute vaheline vastastikmõju aegruumis. Näiteks kui aegruumis olevate laengute süsteemi väljatugevus võrdub üksikutest laengutest põhjustatud väljatugevuste vektoriaalse summaga:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \cdots + \vec{E}_n$$

siis hyperruumis ehk väljapool aegruumi kehtib lainefunktsioonide lineaarne kombinatsioon ehk selline superpositsiooniprintsiip:

$$\psi = c_1\psi_1 + c_2\psi_2$$

mis võib kirjeldada osakeste kvantpõimumist:

$$|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

kuid samas ka (väljade) energiate liitumist:

$$E = E_1 + E_2$$

> Elektriliselt laetud kehad mõjutavad ajas ja ruumis ehk tavaruumis üksteist väljade kaudu elektrijõududega.
>
> Väljade liitumine hyperruumi dimensioonis ja osakeste kvantpõimumine on ühe ja sama nähtuse kaks erinevat külge. Need nähtused on omavahel “suguluses”. See tähendab seda, et väljade liitumist hyperruumis ei saa seletada osakeste kvantpõimumise füüsikaga/matemaatikaga, vaid selle asemel tuleb mõista nii, et füüsika, mis seletab ja kirjeldab osakeste kvantpõimumist, seletab ja kirjeldab ka väljade liitumist hyperruumis.

Lainete elektrivektorite hetkeline liitumine võib mõjutada selliseid valguslaineid hyperruumis, mis on süsteemselt seotud visuaalset infot töötleva valguslainete piirkonna ehk valgusvälja piirkonnaga. Süsteemne seos seisneb selles, et kui hyperruumis ühe valguslainega midagi juhtub (näiteks elektrivektorite muutumine), siis see mõjutab silmapilkselt ka teisi valguslaineid hyperruumis, kuid seda kindlas järjekorras ja kindlas hõlmavuses. Sellest tulenevalt võibki järeldada, et hetkelised muutused, mis tekivad lainete liitumisel, kanduvad niimoodi edasi hyperruumis eksisteeriva valgusvälja nägemispiirkondadesse, mille tulemusena tekibki kehast väljunud inimesel nägemisaisting ümbritsevast füüsilisest keskkonnast, mis eksisteerib aegruumis.

> Kehavälistest kogemustest annavad inimesed kogu maailmas hulganisti tunnistusi. Surmalähedaste kogemuste ajal, mille korral on inimesed väljunud oma kehadest, suudetakse näha selliseid toiminguid või tegevusi, mis leiavad aset teda ümbritsevas aegruumis. Näiteks jälgitakse „eemalt“ seda, kuidas arstid ja õed püüavad surnud inimest parajasti elustada. Ehkki kehast väljunud inimene eksisteerib tõepoolest väljaspool aegruumi, on tal sellegipoolest võimalus näha toiminguid ja tegevusi, mis leiavad aset aegruumis. Seda kinnitavad kõik surmalähedaste kogemustega inimesed.

Lainete elektrivektorite hetkeline liitumine ei mõjuta ainult selliseid valguslaineid hyperruumis, mis on seotud visuaalset infot töötleva valgusvälja piirkonnaga. See tähendab, et mõjutada saavad ka teised valguslained hyperruumis, kuid seda samuti kindlas järjekorras ja kindlas hõlmavuses. Hetkelised muutused, mis tekivad lainete liitumisel, kanduvad edasi ka hyperruumis eksisteeriva valgusvälja teistesse piirkondadesse, mitte ainult nägemisvälja piirkondadesse, kuna tavaruumis levivate valguslainetega interfereeruvad ka teised valgusvälja valguslained hyperruumis. Kuid nende mõju ja olulisus ei ole veel kahjuks päris täpselt teada. Oluline on ainult see, et kuidas tekib kehast väljunud inimesel nägemise võimalus füüsilisest keskkonnast, mis eksisteerib aegruumis. Muud sellega kaasnevad nähtused ei ole antud juhul niivõrd olulised.

Näiteks inimese bioloogilise keha korral jõuavad valguslained ka teistesse kehaosadesse, mitte ainult silmadesse. Kuid nägemisaisting tekib inimese ajus ainult siis, kui elektrisignaalid tulevad silmades olevatest elunditest, mitte näiteks kõrvadest, kätest või jalgadest. Ainult silmades toimub valguse muundumine elektrisignaaliks, mis levib sealt vastavatesse ajupiirkondadesse. Mistahes infot töötleb üks ja sama nähtus – inimese aju korral elektrilaengute aktiivsus, kehast väljumise korral elektromagnetlained, kuid näiteks nägemis- ja kuulmisinfot eristab üksteisest see, et millisest allikast muutused tulevad ehk millisele ärritusele meie meeleelundid või elektromagnetlained reageerivad.

Näiteks inimese bioloogilise närvisüsteemi korral muundatakse meeleelunditel tekkiv ärritus ehk „info“ elektriliseks signaaliks, mis levib teatud ajupiirkondadesse töötlemiseks. Mistahes info levib närvisüsteemis elektrilise signaalina. Näiteks kui valgus jõuab meie silmadesse, siis muundatakse see elektrisignaaliks, mis levib sealt aju nägemispiirkondadesse. Täpselt sama on kuulmise, kompimise, haistmise ja maitsmise elunditega, mille korral muundatakse nendes tekkiv ärritus elektrisignaaliks, mis levib vastavatesse ajupiirkondadesse töötlemiseks. See tähendab, et üks ja sama nähtus – elektrilaengute aktiivsus – töötleb erinevatest allikatest tulenevat infot. Näiteks valgus muundatakse elektrisignaaliks inimese silmades, kuid silmades ei toimu näiteks heli muundamist elektrisignaaliks. See toimub meie kõrvades olevates elundites. Sellest tulenevalt võib

öelda, et inimese ajus töötleb mistahes infot üks ja sama nähtus – elektrilaengute aktiivsus, kuid näiteks nägemis- ja kuulmisinfot eristab üksteisest see, et millisest allikast elektrilised aktiivsused tulevad ehk millisele ärritusele meie meeleelundid reageerivad.

Täpselt samasugune loogika esineb tegelikult ka inimese kehast väljumise korral. Näiteks lainete elektrivektorite hetkeline liitumine võib mõjutada selliseid valguslaineid hyperruumis, mis on süsteemselt seotud visuaalset infot töötleva valgusvälja piirkonnaga. Sellest tulenevalt võibki järeldada, et kui hetkelised muutused, mis tekivad lainete liitumisel, kanduvad nendelt edasi hyperruumis eksisteeriva valgusvälja nägemispiirkondadesse, siis selle tulemusena tekibki kehast väljunud inimesel nägemisaisting ümbritsevast füüsilisest keskkonnast, mis eksisteerib aegruumis.

2.2.21.1.4.3 Kuulmisaisting

Peale nägemise on suureks mõistatuseks ka kuulmise probleem. Näiteks kui inimene väljub oma kehast, siis kuidas saab ta kuulda aegruumis levivaid helilaineid, kui ta ise eksisteerib aegruumist väljaspool? Paljud surmalähedaste kogemustega inimesed on täheldanud, et kehast väljudes nad kuulevad, mida arstid ja õed tema elustamise ajal rääkisid. Pärast elustamist on patsiendid arstidele ja õdedele rääkinud sellest, mida nad on oma kehadest väljunud olekutes parajasti kuulnud. See tekitab küsimuse, et kuidas saab kehast väljunud inimene kuulda aegruumis levivaid helilaineid, kui ta samal ajal eksisteerib ise aegruumist väljaspool? Vastus sellele küsimusele sarnaneb lahendiga, mis saadi eelnevalt kirjeldatud nägemise probleemi analüüsimisega.

Heli on elastses keskkonnas leviv elastsuslaine, mida on võimalik kuulda. Gaasis või vedelikus on see pikilaine, kuid tahkes võib see olla ka ristlaine. Laiemas tähenduses mõistetakse heli all igasugust elastses keskkonnas laineliselt levivat deformatsioonilainet ehk helilainet. Füüsikaliselt saab heli iseloomustada näiteks tema kestuse ja amplituudiga. Amplituudiks võib olla näiteks helirõhu-, heliosakese siirde-, heliosakese kiiruse- ja heliosakese kiirenduse amplituud. Lihtheli iseloomustab ka tema sagedus. Keskkonnas levimisel võib heli (helilainet) kirjeldada näiteks tema lainepikkuse ja levikiirusega ehk helikiirusega. Elastsest kehast pärinev võnkumine levib seda keha ümbritsevas elastses keskkonnas (näiteks õhus) helilainena.

> Helilaine on tahkes, vedelas või gaasilises keskkonnas leviv deformatsioonilaine. Vedelas ja gaasilises keskkonnas levib helilaine pikilainena, milles keskkonna osakesed võnguvad laine levimise sihis. Laine levimisega kaasneb keskkonna paisumine ja hõrenemine, seega kesk-konna deformatsioon.
> Heli saab lainena levida elastses keskkonnas. Vaakumis helilained ei levi, sest puudub keskkond, mis võnkumist edasi kannaks.

Heli on elastses keskkonnas leviv elastsuslaine. See tähendab, et heli all mõistetakse igasugust elastses keskkonnas laineliselt levivat deformatsioonilainet ehk helilainet. Elastsest kehast pärinev võnkumine levib seda keha ümbritsevas elastses keskkonnas helilainena. Elastsusega on seotud elastsusjõud. Elastsusjõud on deformatsiooniga alati vastassuunaline. Elastsusjõud püüab keha esialgset kuju taastada. Absoluutselt plastse deformatsiooni korral mingit kuju taastumist ei toimu ja järelikult puudub seda põhjustav jõud ehk elastsusjõud on null. Elastsusjõudude tekkepõhjuseks on aineosakeste vaheline vastastikmõju. Osakeste vahel esineb nii tõmbumine kui ka tõukumine, kusjuures mõlema tugevus sõltub vahekaugusest. Tavalises deformeerimata olekus on need jõud tasakaalus. Kokkusurumisel osakeste vahekaugused vähenevad ning ülekaalu saavutavad tõukejõud, mis takistavad deformeerimist. Tõmbedeformatsioonil seevastu vahekaugused kasvavad ja ülekaalu jäävad venitamist takistavad tõmbejõud.

Vastavalt kvantelektrodünaamika ehk kvantväljateooria seaduste järgi võib elektromagnetvälja vaadelda ka kui virtuaalsete footonite kogumina või nende voona. See tähendab seda, et elektriliselt laetud osakeste omavaheline vastastikmõju ehk interaktsioon seisneb kvantväljateooria järgi selles, et üks osake neelab ühe footonist, mille kiirgas esimene. See tähendab seda, et laetud osakesed vahetavad omavahel footoneid. Iga laetud osake tekitab enda ümber välja, mis tegelikult reaalselt seisneb footonite kiirgamises ja neelamises. Need footonid pole aga reaalsed, vaid neid mõistetakse virtuaalsetena. Neid virtuaalseid osakesi pole võimalik avastada nende eksisteerimise ajal. See teebki need virtuaalseteks. Tavaliselt on footoni ja mingi laetud osakese summaarne energia suurem kui paigaloleval laetud osakesel (footonil endal laengut ei ole). See aga rikub energia jäävuse seadust. Kuid kui laetud osakese poolt kiiratud footon neelatakse sama või mõne teise laetud osakese poolt enne ajavahemiku

$$\Delta t = h/\Delta E$$

möödumist, siis ei ole võimalik avastada energia jäävuse seaduse rikkumist. ΔE näitab energia kõrvalekallet impulsiga määratud väärtusest

$$E^2 = p^2c^2 + m^2c^4.$$

Reaalne footon, mis võib kiirguda näiteks kahe laetud osakese põrkel, võib eksisteerida aga piiramatult kaua. Kahe ruumipunkti vahel, mille vahekaugus on

$$l = c\Delta t,$$

on virtuaalsel footonil võimalik anda vastastikmõju ja seda siis Δt jooksul. Elektromagnetjõudude mõjuraadius võib olla mistahes suur, sest footoni energia

$$E = hf = mc^2$$

saab olla ükskõik kui väike. Valguse osakesi ehk footoneid kirjeldabki kvandienergia võrrand $E = hf = mc^2$, kus f on laine sagedus ja h on Plancki konstant väärtusega

$$h = 6{,}62 * 10^{-34}\ \text{Js}.$$

Eespool me tõdesime, et heli on elastses keskkonnas leviv elastsuslaine. Kuna elastsusega on seotud elastsusjõud, mille tekkepõhjuseks on aineosakeste vaheline vastastikmõju, siis seega võime vaadelda heli levimist aegruumis footonite kiirgumise ja neeldumise muutuse levimisena aegruumis. Kui inimesele on nähtav valgus reaalsete footonite (elektromagnetlainete) voog aegruumis, siis heli on virtuaalsete footonite kiirgumise ja neeldumise muutuse levimine aegruumis. Elektriliselt laetud osakeste omavaheline vastastikmõju ehk interaktsioon seisneb kvantväljateooria järgi selles, et üks osake neelab ühe footonist, mille kiirgas esimene. Selle järgi vahetavad laetud osakesed omavahel lakkamatult footoneid. Seetõttu on heli elastses keskkonnas leviv elastsuslaine, mis on tegelikult seotud valguskvantidega ehk footonite vooga aegruumis. See tähendab, et keskkonna võnkumist ja selle levimist aegruumis, mida me mõistame helina, põhjustab tegelikult virtuaalsete footonite kiirgumine ja neeldumine aineosakeste vahel.

Siinkohal on oluline mõista seda, et kui nähtav valgus on elektromagnetlainete ehk footonite levimine aegruumis, siis helilained ei ole footonite levimine aegruumis, vaid helilained on seotud footonite kiirgumise ja neeldumise muutuse levimisega aegruumis eksisteerivate aineosakeste vahel. Heli on elastses keskkonnas leviv elastsuslaine. Kuid elastsust põhjustab aineosakeste vaheline vastastikmõju (elektromagnetiline interaktsioon), mis on kvantväljateooria (täpsemalt kvantelektrodünaamika) järgi seotud virtuaalsete footonite kiirgumise ja neeldumisega aineosakeste poolt. Aineosakesteks on näiteks aatomid, molekulid ja elementaarosakesed. Kuid footonid on eelkõige väljaosakesed ehk välja vahendavad osakesed.

> Vaakumis leviv nähtav valgus on reaalsete footonite voog, mille eksisteerimise ajaperioodid võivad aegruumis olla kuitahes suured. Nende olemasolu on füüsikutel üsna lihtne tõestada. Kuid helilaine levimine mittevaakumis on seotud virtuaalsete footonitega, mille olemasolu ei ole võimalik katseliselt tõestada. Valgusega seotud reaalseid footoneid võime nimetada „valgusfootoniteks“, kuid helilainetega seotud virtuaalseid footoneid võime nimetada „helifootoniteks“. Välja vahendavad osakesed ei ole reaalsed, vaid on virtuaalsed, sest nad kannavad edasi energiat ja impulssi sõltumatult. Elektron võib kanda energiat, mis on väiksem tema seisumassist. Impulss, mida kantakse parajasti üle, ei pruugi olla suunatud tekkepunktist neeldumispunkti. Virtuaalne footon võib omada ka pikipolarisatsiooni komponenti. Sellepärast ongi need osakesed ebareaalsed ja seetõttu kutsutakse neid virtuaalseteks osakesteks. Nende olemasolu ei ole võimalik katseliselt tõestada.

Kuna helilaineid on võimalik seostada aegruumis eksisteerivate footonitega ehk seega ka elektromagnetlainetega, siis järelikult on kehast väljunud inimese kuulmisaistingu tekkimine väljaspool aegruumi sarnane eespool kirjeldatud nägemisaistingu tekkimisega. Näitame seda kohe järgnevalt.

Kehast „väljumisel“ eksisteerib inimene hyperruumis ainult elektromagnetlainetena ehk valguslainetena. Sellisel juhul liiguvad kõik valguslained hyperruumi suhtes ehk seega tavaruumiga kaasa kiirusega c, mistõttu jäävad need tavaruumi suhtes paigale. Kuna tavaruumis levivad helilained, mis on oma olemuselt footonite kiirgumise ja neeldumise muutuse levimine aegruumis, siis seega jäävad hyperruumis eksisteerivad valguslained neile ette. Interferentsi nähtuse ehk valguslainete liitumise ja sellest tingitud superpositsiooni printsiibi tõttu läbivad üksteist hyperruumis eksisteerivad valguslained ja tavaruumis levivad valguslained ehk footonid, mis on seotud helilainetega. Kuid valguslainete liitumise korral liituvad mingil ajahetkel lainete elektrivektorid. Pärast hetkelist liitumist levivad lained tavaruumis edasi nii, nagu poleks midagi juhtunud.

Kuid lainete elektrivektorite hetkeline liitumine mõjutab hyperruumis eksisteerivaid valguslaineid, sest kui hyperruumis ühe valguslainega midagi juhtub, siis see mõjutab silmapilkselt ka teisi valguslaineid hyperruumis, mitte tavaruumis. Lainete elektrivektorite hetkeline liitumine võib mõjutada selliseid valguslaineid hyperruumis, mis on süsteemselt seotud akustilist infot töötleva valguslainete piirkonna ehk valgusvälja piirkonnaga. Sellest tulenevalt võibki järeldada, et hetkelised muutused, mis tekivad lainete liitumisel, kanduvad niimoodi edasi hyperruumis eksisteeriva valgusvälja kuulmispiirkondadesse, mille tulemusena tekibki kehast väljunud inimesel kuulmisaisting ümbritsevast füüsilisest keskkonnast, mis eksisteerib aegruumis.

> Kehavälistest kogemustest annavad inimesed kogu maailmas hulganisti tunnistusi. Surmalähedaste kogemuste ajal, mille korral on inimesed väljunud oma kehadest, suudetakse kuulda selliseid toiminguid või tegevusi, mis leiavad aset teda ümbritsevas aegruumis. Näiteks kuuldakse „eemalt“ seda, millest arstid ja õed inimese elustamise ajal parajasti rääkisid. Ehkki kehast väljunud inimene eksisteerib tõepoolest väljaspool aegruumi, on tal sellegipoolest võimalus kuulda toiminguid ja tegevusi, mis leiavad aset aegruumis. Seda kinnitavad kõik surmalähedaste kogemustega inimesed.

Lainete elektrivektorite hetkeline liitumine ei mõjuta ainult selliseid valguslaineid hyperruumis, mis on seotud akustilist infot töötleva valgusvälja piirkonnaga. See tähendab, et mõjutada saavad ka teised valguslained hyperruumis, kuid seda samuti kindlas järjekorras ja kindlas hõlmavuses. Hetkelised muutused, mis tekivad lainete liitumisel, kanduvad edasi ka hyperruumis eksisteeriva valgusvälja teistesse piirkondadesse, mitte ainult kuulmisvälja piirkondadesse, kuna tavaruumis levivate valguslainetega interfereeruvad ka teised valgusvälja valguslained hyperruumis. Kuid nende mõju ja olulisus ei ole veel kahjuks päris täpselt teada. Oluline on ainult see, et kuidas tekib kehast väljunud inimesel kuulmise võimalus füüsilisest keskkonnast, mis eksisteerib aegruumis.

Muud sellega kaasnevad nähtused ei ole antud juhul niivõrd olulised.

2.2.21.1.4.4 Teised aistingud

Kuulmine ja nägemine on põhilised aistingud, mis esinevad inimesel, kes on väljunud oma kehast. Näiteks avaldub võimalus näha reanimatsioonipalatis tehtavaid elustamiskatseid ning võidakse kuulda arstide ja õdede omavahelisi jutuajamisi, mis kõlavad parajasti inimese kliinilise surma ajal. Seda kõike on praeguseks ajaks üsna hästi teada ja isegi dokumenteeritud. Kuid sellegipoolest ei ole andmeid selle kohta, et kas surmalähedaste kogemuste ajal esinevad ka haistmise, maitsmise ja kompimise laadsed aistingud. Näiteks surmalähedaste kogemustega inimesed ei ole peaaegu mitte kunagi maininud, et neil esineksid mingisugused haistmise, maitsmise või kompimisega seotud aistingud. Kui sellised aistingud peaksid siiski esinema (näiteks sooja-aisting), siis sellisel juhul ei saa olla kindel, et kas sellised aistingud tulenevad aegruumis eksisteeriva keskkonna mõjudest või kehast väljunud inimese „sisemisest tundmusest“ (meie mõistes illusioonist), mis ei ole seotud välise keskkonna mõjuga. Kindel on ainult see, et kuulmine ja nägemine võivad kehast väljunud inimesel olla reaalsed, kuna sellised aistingud on seotud aegruumis eksisteeriva keskkonna mõjudega.

2.2.21.1.4.5 Tavaruumi ja hyperruumi piiril

Käesolevaks ajaks on selge, et nähtamatuse mehe mõistatuse lahendamine seisneb teoorias, mis käsitleb tavaruumis ja hyperruumis eksisteerivate elektromagnetlainete omavahelist interfereerumist. Näiteks tavaruumi suhtes paigal olevad elektromagnetlained ja tavaruumis levivad elektromagnetlained omavahel interfereeruvad. Interferentsi nähtuse ehk valguslainete liitumise ja sellest tingitud superpositsiooni printsiibi tõttu läbivad üksteist hyperruumis eksisteerivad valguslained ja tavaruumis levivad valguslained, kuid valguslainete liitumise korral liituvad mingil ajahetkel lainete elektrivektorid. Hetkelised muutused, mis tekivad lainete liitumisel, kanduvad edasi hyperruumis eksisteeriva valgusvälja nägemispiirkondadesse, mille tulemusena tekibki kehast väljunud inimesel nägemisaisting ümbritsevast füüsilisest keskkonnast, mis eksisteerib aegruumis.

Selline asjaolu viitab sellele, et kehast väljunud inimene ei eksisteeri väljaspool aegruumi ehk hyperruumis, vaid õigem oleks väita hoopis nii, et kehast väljunud inimene ja ka muud valgusolendid eksisteerivad tavaruumi ja hyperruumi piirimail. See tähendab seda, et kehast väljunud inimene ja muud valgusolendid eksisteerivad kahe erineva dimensiooni (tavaruumi ja hyperruumi) „piirimail“, mitte otseselt aegruumist väljaspool.

Elektromagnetlaine ja aegruumi omavahelisest seosest ilmnes, et valguse kiiruse c korral teisenevad aeg t ja ruum l lõpmatuseni ehk aja ja ruumi eksisteerimised lakkavad olemast:

$$t = \frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}}} = \frac{t'}{0} = \infty$$

ja

$$l = l_0\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = l_0\sqrt{1 - \frac{c^2}{c^2}} = l_0 * 0 = \frac{1}{\infty}$$

Valgus liigub meie igapäevaselt tajutavas ruumis (s.t. tavaruumis) kiirusega $v = c$.

> Tavaruumis, mis on meie igapäevaselt tajutav ruumidimensioon, liigub valguslaine kiirusega c. Niisamuti ka hyperruumis liigub valguslaine kiirusega c, kuid sellisel juhul liigub valguslaine tavaruumiga kaasa, mistõttu on valguslaine tavaruumi suhtes paigal, kuid hyperruumi suhtes see liigub kiirusega c. See tähendab seda, et mõlemal juhul – tavaruumis ja hyperruumis – liigub valguslaine kiirusega c, mistõttu esineb mõlemal juhul valguslaine jaoks aja ja ruumi lõpmatu teisenemine.

Valguse kiiruse c annab meile Plancki pikkuse l ja Plancki aja t jagatis:

$$v^2 = \frac{l^2}{t^2} = \frac{Ghc^5}{c^3Gh} = c^2$$

Seetõttu nimetataksegi valguse kiirust c vahel ka Plancki kiiruseks v. Plancki ajaperiood t:

$$t = \sqrt{\frac{Gh}{c^5}} = 5{,}39121 * 10^{-44}\ s$$

näitab meile seda, et väiksematel ajaperioodidel ei ole Universumis enam tajutavat füüsikalist mõtet. Plancki pikkuse l mõõtkavas:

$$l = \sqrt{\frac{Gh}{c^3}} = 1{,}616 * 10^{-35}\ m$$

lakkavad eksisteerimast aeg ja ruum. See tähendab seda, et Plancki pikkusest l väiksematel mõõtkavadel ei ole Universumil enam füüsikalist eksistensi. Niimoodi moodustab Plancki pikkus l väikseima võimaliku ruumi mõõtkava, mis hõlmab ühtlaselt kogu Universumi kolmemõõtmelist ruumi. Seda nimetatakse „Plancki pinnaks S“. See tähendab, et mida väiksemasse ruumi mõõtkavasse jõuda, seda lähemale jõuame Plancki pinnani S.

Plancki aja ja Plancki pikkuse olemasolu ehk selle tulenemine aegruumi füüsikast näitab, et hyperruumi dimensioon „eksisteerib“ väljaspool aegruumi, mida on võimalik mõista Plancki aja ja Plancki pikkuse „järgse“ dimensioonina. See tähendab seda, et hyperruum „algab“ sealt, kust lõpeb meie tajutav aegruum. Meie tajutavat aegruumi „piirabki“ Plancki aeg ja Plancki pikkus ehk antud juhul valguse kiirus c.

Nendest tulenevalt võib öelda seda, et valgus (s.t. elektromagnetlaine) eksisteerib täpselt kahe dimensiooni (tavaruumi K ja hyperruumi K’) „vahelisel piiril“. See tähendab seda, et elektromagnetlaine eksisteerib täpselt mõlema dimensiooni (tavaruumi K ja hyperruumi K’) „piiri peal.“ Selline asjaolu viitab ka sellele, et kehast väljunud inimene ja muud valgusolendid eksisteerivad samuti kahe erineva dimensiooni (tavaruumi ja hyperruumi) „piirimail“, mitte otseselt aegruumist väljaspool.

Siinkohal võib tekkida küsimus, et kas kehast väljunud inimene eksisteerib aegruumist väljaspool ehk hyperruumis või tavaruumi ja hyperruumi piirimail? Tegelikult on mõlemad variandid õiged. Kui me arvestame kehast väljunud inimese füüsiliste omadustega (näiteks bioloogilise keha kohal hõljumine, nähtamatus tavaruumis olevate inimeste suhtes, füüsilistest barjääridest läbimine ja ajatu ning ruumitu taju) siis võib öelda, et eksisteerimine toimub väljaspool aegruumi. Kui aga püüame kirjeldada kehast väljunud inimese nägemise ja kuulmise aistingu tekkimist ja selle võimalikkust, siis võib öelda, et eksisteerimine toimub tavaruumi ja hyperruumi

piirimail. Selline pealtnäha dualistlik iseloom, millel tegelikult puuduvad sisemised vastuolud, sarnaneb näiteks kvantosakese dualistliku olemusega, mille korral käitub osake ühtedes olukordades osakesena, kuid teistes olukordades lainena. Kuid kindlasti ei ole õige väita, et kehast väljunud inimene ja ka muud valgusolendid eksisteeriksid tavaruumis.

2.2.21.1.4.6 Ajatu ja ruumitu taju

Enamikes surmalähedastes kogemustes, mille korral on inimesed väljunud oma kehadest ja eksisteerinud elektromagnetväljana aegruumi välises dimensioonis ehk hyperruumis, on inimesed tajunud aja ja ruumi eksisteerimise lakkamist. Kuid sellest hoolimata on nad vähemalt näiliselt saanud ruumis liikuda (näiteks reanimatsioonipalatis) ja näinud aja normaalset kulgemist (näiteks näinud haigla palatis enda elustamist pealt). Aja ja ruumi eksisteerimise lakkamise tajumine on kahtlemata surmalähedaste kogemuste üks iseloomulikumaid aspekte. Näiteks on inimesed tajunud, et minutil ja sajandil ei ole kehavälises olekus enam erinevust. Järgnevalt näitame ja kirjeldame seda, et millest võib tuleneda inimeste selline aja ja ruumi tajumine. Selleks võib olla neli peamist tegurit.

> Enamikes surmalähedastes kogemustes on inimesed tajunud aja ja ruumi eksisteerimise lakkamist. Kuid sellest hoolimata on nad vähemalt näiliselt saanud ruumis liikuda (näiteks reanimatsioonipalatis) ja näinud aja normaalset kulgemist (näiteks näinud haigla palatis enda elustamist pealt). Selline asjaolu vihjab sellele, et aja ja ruumi eksisteerimise lakkamine võib tuleneda inimese psüühilistest protsessidest, mitte sellest, et aeg ja ruum reaalselt lakkavad eksisteerimast. Kuid sellisel pealtnäha veenval järeldusel on olemas omakorda järeldused, mis sisaldavad nii õigeid kui ka valesid arusaamasid. Järgnevalt püüamegi neid lahti seletada.

Neuroloogia ja psühholoogia teadlased on seni arvanud, et inimese sureva aju parema oimusagara verevarustuse kadumine vahetult enne surma põhjustab inimesel aja ja ruumi eksisteerimise lakkamise tajumise ehk ajatu ja ruumitu taju tekkimise. Selline arusaam lähtub eelkõige ajukesksest teooriast, mille korral on inimese surmalähedane kogemus põhjustatud sureva aju neurofüsioloogilistest aspektidest, näiteks mediaatorite ja neurotransmitterite konsentratsiooni suurest tõusust ajus või hapnikuvaegusest vahetult enne surma. Kuid inimese kehast väljumise füüsikateooria lähtub reaalsest kehavälise oleku eksisteerimise võimalikkusest, kuna ajukeskne teooria ei suuda seletada lõpuni kõiki SLK nähtuse aspekte, sealhulgas ka ajatu ja ruumitu tajumist. Seetõttu ei saa eespool nimetatud ajatu ja ruumitu taju põhjus olla päris õige.

Inimese kehaväline olek/seisund eksisteerib „aegruumist väljaspool“, mida me mõistame hyperruumi dimensioonina. On alust arvata, et selline eksisteerimine võib põhjustada ajatu ja ruumitu tajumist. Kehast väljunud inimesed on tõepoolest tajunud ajatust ja ruumitust. Võib öelda, et ajatu ja ruumitu taju ilmneb inimesel ainult siis, kui ta eksisteerib hyperruumis, mitte enam tavaruumis. See tähendab, et hyperruumis „olles“ või „liikudes“ ei taju inimene enam aja ja ruumi olemasolu ehkki võib ta samal ajal paralleelselt eksisteerida ka aegruumis ehk meie igapäevaselt kogetavas ruumis. Põhimõtteliselt võib üsna kindlalt järeldada seda, et inimese eksisteerimine „aegruumist väljaspool“ põhjustab ajatu ja ruumitu tajumist. Kuid sellegipoolest ei ole veel teada seda, et kuidas see ajatu ja ruumitu taju kehast väljunud oleku korral inimese tajusüsteemides täpselt avaldub.

Kuna inimene eksisteerib kehavälises olekus „aegruumist väljapool“, siis seega on alust arvata, et see on põhjuseks ajatu ja ruumitu tajumise tekkimiseks. Kuid sellegipoolest ei ole veel teada seda, et kuidas see ajatu ja ruumitu taju kehast väljunud oleku korral inimese tajusüsteemides

täpselt avaldub. Kuna praeguseks ajaks on teada elektromagnetlainete tekkimised ja nende samade lainete omavahelised seosed hyperruumis, siis seega võib hüpotiseerida mõningaid veenvaid seisukohti, mis suudaks seletada ajatu ja ruumitu taju tekkimise inimese tajusüsteemides kehavälises olekus.

> Inimese kehast väljumise füüsikateooria järgi eksisteerib inimene kehavälises olekus elektromagnetväljana ja seda hyperruumis. Elektromagnetvälja moodustavad hyperruumis elektromagnetlained, mis kõik liiguvad tavaruumiga kaasa valguse kiirusega c. Kuna hyperruumis ei esine aega ega ruumi, siis seega mõjutavad need lained üksteist sarnaselt nii nagu kvantpõimunud footonid tavaruumis. Osakeste kvantpõimumised tulenevadki tavaruumi K ja hyperruumi K' füüsikalisest süsteemist, mis on omakorda seotud ka inimese kehavälise füüsikaga. Sellised seosed annavad meile mõista, et lained on omavahel seotud sarnaselt nii nagu laetud neuronid üksteisega inimese ajus. Seetõttu võibki „oletada", et inimese teadvus ja psüühiline tegevus säilib selles hyperruumis tekkinud elektromagnetväljas, mis ei ole enam ajuga otseselt seotud. Lained mõjutavad üksteist silmapilkselt, mistõttu on inimese mõtlemine palju kiirem ning arusaamine ja õppimine palju selgem ning põhjalikum. Selline asjaolu võibki põhjustada ka ajatu ja ruumitu tajumist, kuna psüühilised protsessid ei võta enam aega. Sellisel juhul oleks ajatu taju fundamentaalsem, kuna sellest võib tuleneda omakorda ruumitu taju. Aeg ja ruum on üksteisest lahutamatud. See tähendab, et ajatu taju on esmane ja ruumitu taju sellest lähtuv.

Surmalähedaste kogemuste korral on inimesed tundnud peale ajatu ja ruumitu tajumist ka mõtlemise ülisuurt kiirust ja äkilist selgust. Näiteks suheldes surnud sugulastega või ebamaiste valgusolenditega on mõistmine silmapilkne ja arusaam vahetatavast infost äärmiselt selge võrreldes inimeste tavasuhtlusega. Võib väita, et nii ajatu ja ruumitu taju kui ka mõtlemise kiirus ja selgus peavad olema omavahel seotud. See tähendab seda, et nende psüühiliste protsesside aluseks on ilmselt ühed ja samad füüsikalised seaduspärasused, mis esinevad ainult inimese kehavälises olekus. Tundub, et hyperruumis tekkinud elektromagnetlainete omavahelised seosed, mis sarnanevad osakeste kvantpõimumiste seostega aegruumis, suudavad veenvalt seletada eespool kirjeldatud psüühilisi taju ilminguid. Kuna hyperruumis olevad lained mõjutavad üksteist silmapilkselt, siis seega liigub info sellises lainete väljas samuti silmapilkselt. See lubabki oletada, et selline seaduspärasus põhjustabki mõtlemise kiiruse piiramatu kasvu ja seega ka infovahetuse arusaamise äärmise selguse. Kuid peale selle võib see põhjustada ka ajatu taju tekkimise, mis omakorda tekitab ruumitu taju.

Aju korral sõltub mõtlemise kiirus elektrilise signaali ehk informatsiooni kandja liikumiskiirusest või erinevate ajupiirkondade ühendusteede pikkusest. Inimese mõtlemiskiirus sõltub eelkõige ajupiirkondade omavahelisest seostamisest. Näiteks uuringud on näidanud seda, et kõrge intelligentse inimese aju korral läbib elektriline signaal ühest ajupiirkonnast teise enamasti väiksemate ühendusteede kaudu kui seda madalama intelligentsusega inimeste korral. Inimeste aeglane mõtlemiskiirus võib seega tuleneda sellest, et nende ajud kasutavad info edastamiseks ühest ajupiirkonnast teise väga vähe otseseid ühendusteid. Väga kõrge intelligentse inimese korral kasutab aju aga just väga sageli otseseid ühendusteid, mis tagavad info väga kiire liikumise aju ühest piirkonnast teise jõudmiseks.

Unenägude korral tajutakse aja kestvust teisiti võrreldes ärkvelolekus tajutava ajaga. Näiteks kui unenägu kestab objektiivselt 30 minutit, siis ülesärkamisel võib inimene subjektiivselt tunda, et ta võis magada 3 tundi, mitte 30 minutit. Sellist nihestunud ajataju on tundnud paljud inimesed, mis võib tuleneda erinevast ajusagedusest unenägude- ja ärkveloleku aju vahel. Näiteks kerge uni ja REM-uni esinevad enamasti teeta ajulainete ajal, mille sagedusvahemik on umbes 4 – 8 Hz. REM-une ajal näevadki inimesed und. Kuid normaalne ärkveloleku seisund esineb beeta lainete ajal, mis jääb umbes 14 – 30 Hz sagedusvahemikku. Kui impulss suubub neuronisse või neuron väljastab impulsi, siis neuron laengleb. See tähendab ka seda, et neuroni laenglemissagedus (mida võib põhimõtteliselt käsitleda ka neuronite aktivatsiooni laine sagedusena) näitab ka impulsside hulka. Näiteks kui sagedus on suur, siis impulsse levib ajus rohkem. Kui aga sagedus on väike, siis

impulsse on ajus vähem. Kuna ajataju tuntakse unenäos erinevalt võrreldes ärkvelolekus tajutava ajaga, mis võib tuleneda erinevast ajusagedusest, siis seega võib analoogiliselt see nii olla ka kehavälises olekus tajutava ajatu tajuga, kuna sellisel juhul „liigub“ info ühest lainete väljast teise hetkega. See tähendab, et kui ajusagedus võib mõjutada inimese ajataju, siis võib seda teha ka info hetkeline liikumine kehavälises elektromagnetlainete väljas. Kuna liikumine toimub hetkega, siis seega on mõtlemiskiirus ja mõistmine (psüühilised protsessid) mistahes vormis ülikiired, mis omakorda võib põhjustada ajatu tajumist. Ajatu tajuga käib kaasas ka ruumitu taju.

2.2.22 Kehast väljunud inimeste võimed ja omadused

Mateeria väljana (footonitest) eksisteeriva eluvormi füüsikalised ja ka psüühilised omadused ja võimalused erinevad suurel määral nendest elusorganismidest, kes eksisteerivad ainena ehk koosnevad aineosakestest (aatomitest ja molekulidest). See tuleneb puhtalt mateeria enda füüsikast. Füüsikast on üldiselt teada, et aine ja väli (mis on mateeria põhivormideks) on üsnagi erinevate omadustega (kuid esineb ka sarnasusi) ja need erinevused kanduvad üle ka erinevate liikide elusorganismide elutalitlusse. Väljadel on võrreldes ainega mõningaid erilisi omadusi. See tähendab seda, et kui elusorganism eksisteerib ainult mateeria väljana (sõltumata täielikult närvitegevuse arengust), siis „omandab“ ta ka välja füüsikalised omadused, mis ainelistel ehk molekulaarset struktuuri sisaldavatel elusorganismidel puuduvad. Näiteks omandatakse elektriväljale iseloomulikud omadused, mille tõttu reageerib valgusolend ümbritsevale keskkonnale (ja ka käitub) kui elektriväli.

Kõiki omadusi ja võimalusi, mis ilmnevad kehast väljunud inimese ja valgusolendi juures, ei mahu kahjuks siia märkida. Neid on selleks liiga palju, et kõiki üksikasjalikult uurida ja selgitada. Kuid mõned üksikud näiteid võib siiski tuua:

> Näiteks vajadus une järele puudub, sest valgusolendi psüühiline elutegevus ei sõltu enam närvitegevuse talitlusest. Teadvus ja psüühika baseeruvad väljade süsteemil, mitte enam neuronite struktuuridel. Selline asjaolu lubab järeldada, et kehast väljunud inimesel ei ole enam vaja und, mida ka surmalähedaste kogemustega inimesed on ära maininud.
>
> Eksisteerides energiaväljana ei oma inimene enam ka sugu. See tähendab seda, et kehast väljunud inimene ei ole enam naine ega mees. Bioloogiline keha omab sugu, kuid „vaimul“ ei ole sugu. Soo identiteedi lakkamine on üsna mõistetav, kuna kehast väljunud inimesel ei ole bioloogilist keha, millel esineks soole omavad tunnused. Eksisteerides ainult „valgusena“, ei ole inimesel enam sugu, kuna „valguskehal“ puuduvad soole omased tunnused.
>
> Isegi ajas rändamine oleks tavapärane võimalus, sest läbitakse aegruumi tunneleid. Sellega kaasas nähtub ka ruumis teleportreerimise võimalus. Surmalähedaste kogemustega inimesed on kirjeldanud tunnelite olemasolu, mille kaudu saab rännata suurte vahemaade taha. Teoreetilise füüsika arusaamade järgi on need tunnelid aegruumi tunnelid ehk ussiurked, mis võimaldavad rännata ajas ja teleportreeruda ruumis.
>
> Vaimsed võimed üldse (näiteks mälu, mõtlemine jne) on erakordselt selged ja reaktsioonid on kiired. Näiteks surmalähedaste kogemuste ajal tekib inimesel mõistmine ebamaise valgusolendi juuresolekul silmapilkselt ja täielikult.

Eesti teadusajakirjanik Tiit Kändler on inimest võrrelnud kvantolendiga, see tähendab juhuga,

kui inimesel avalduks kvantmehaanika kummaline maailm. Sellise kvantolendi võimalused sarnaneksid tegelikult just valgusolendi ja kehast väljunud inimesega. Näiteks sellisel juhul on valgusolend kui kvantolend, kes ei pea maksma sentigi ei oma söögi ega ka üle Atlandi reisi eest. Ta on nagu kvantosake. Energiat ammutatakse tühjusest ja samal ajal suudab ta viibida mitmes paigas ühekorraga. Ka suudetakse läbi saada ilma mobiiltelefonita, sest kvantpõimumise kaudu ollakse niikuinii silmapilkses ühenduses nendega, kellega koos oldakse. Ei ole vaja ka uksi, sest läbitakse seinu. Kvantsüsteemil on omadus tungida läbi barjääri. (Allikas: http://epl.delfi.ee/archive/print.php?id=51143247)

2.2.22.1 Surmalähedane kogemus ja uni

Levinud arvamuse järgi sarnaneb inimese surmalähedane kogemus unenäolise elamusega. See väidetavalt sarnaneb unega, mis on täis fantastilisi kogemusi ja uskumatuid visuaalseid elamusi. Selline levinud arvamus surmalähedastest kogemustest on tegelikult müüt, mis ei vasta kindlasti tõele. Kui mõned üksikud surmalähedase kogemusega inimesed tõesti nii ütlevad, siis enamus väidavad siiski vastupidist. Surmalähedane kogemus on äärmiselt meeldejääv, kirgas, sügavalt inimese psüühikat mõjutav ja väga hästi tajutav. Inimesed, kes on näiteks seda kogenud umbes 30 aastat tagasi, ütlevad, et see oleks olnud justkui eile. Kõik detailid jäävad meelde kümneteks aastateks ja sellega kaasnev „vaimne õppetund“ mõjutab inimest kogu ülejäänud elu. Kõik need iseloomujooned on täiesti vastupidised tavalisele unenäo elamustele. Unenäod ei jää pikalt meelde, nende sisud ei mõjuta inimese ülejäänud elu (isegi õudusunenägude korral) ja unenäod esinevad enamasti justkui mingis „udus“, mida on tagantjärele raske meenutada. Kõik see viitab tugevalt sellele, et surmalähedased kogemused ja unenäod on kaks täiesti erinevat nähtust.

Täpsemalt öeldes võivad inimese unenäo elamused olla tegelikult sama reaalsed kui seda on ärkvelolekus ehk reaalses maailmas kogetavad elamused ja tundmused. Kuid erinevus seisneb selles, et kui reaalses maailmas kogetavad elamused võivad inimesele meelde jääda kümneteks aastateks, siis unenäo elamused ei jää inimesele sageli kauaks meelde. Unenäo elamuste sisu paistab tagantjärele „udune“ just seetõttu, et need jäävad raskesti meelde võrreldes reaalses maailmas kogetud elamustega. Kuid sellegipoolest võivad unenäo sisud paista sama reaalsed ja kirkad kui seda on reaalses maailmas kogetud elamused.

Surmalähedasi kogemusi on palju seostatud ka narkootiliste ainete mõjudega. Pealtnäha leidub tõepoolest palju sarnasusi SLK-de ja narkootiliste ainete mõjude vahel (näiteks keemilised protsessid ajus SLK-de ja mõnuainete tarvitamise ajal on sarnased, mõlemal juhul jäävad elamused inimesele hästi meelde), kuid siingi leidub olulisi erinevusi. Erinevused seisnevad eelkõige detailides. Näiteks tugevatoimelised narkootilised ained (ecstasy, kokaiin ja LSD) tekitavad nende kasutajatele väga tugevaid eufoorilisi tajuelamusi, mis sarnanevad tõepoolest ka SLK-de korralgi läbielavate tajuelamustega. Kuid SLK-d on ilmselgelt tähendurikkamad ja õpetlikumad kui elamused, mis saadakse mõnuainetest. SLK-de korral jääb mulje, et imelised tajuelamused tulenevad pigem mingisugusest „teadmiste taustsüsteemist“, kuhu inimene on väljaspool oma keha sattunud. Vastupidiselt SLK-dele kaasneb narkootiliste ainetega eufooria, millel ei ole sügavamat filosoofilist tähendust, mistõttu ei mõjuta see inimese ülejäänud elu. See on väga suur erinevus SLK-de ja narkootiliste ainete elamuste vahel. Narkootilised ained tekitavad sõltuvust, mille läbi mõjutab see inimese ülejäänud elu. Kuid SLK-de filosoofiline ja õpetlik elamus on see, mis mõjutab inimese ülejäänud elu, mitte sellest tekkiv sõltuvus, mis SLK-de korral ei olegi tegelikult täheldatud.

SLK filosoofiline ja õpetlik subjektiivne elamus inimesele seisneb just nendes detailides, mis narkootiliste ainete mõjudega üldse ei kaasne. Näiteks kehavälises olekus kohtub inimene valgusolendiga, kes näitab talle erakordse kolmemõõtmelise panoraamina tagasivaadet maisele

elule. Selle kaudu õpib inimene oma elu jooksul tehtud vigadest või tunneb rõõmu positiivsetest kordaminekutest. Paljudes SLK-des kirjeldatud eufooria tunne ei esine lihtsalt mingisuguse automaatse tundega kehast väljumisel, vaid see „tekib“ alles kohtumisel ebamaise valgusolendiga või siis, kui jõutakse pimeda tunneli lõppu valguse kätte. Kirjeldamatu õnn ja rõõm lähtuvad sageli just valgusolenditest, mitte ei teki tühja koha pealt. Kuid mõnuainete tarvitamise korral puuduvad kõik need iseloomujooned, mille korral tekivad erakordsed tajuelamused pealtnäha eimillestki. Näiteks eufooria tunne tekib inimesel teatud neurotransmitterite vallandumise tagajärjel ajus, mitte aga kohtumisest valgusolenditega. Valgusolendeid, surnuid sugulasi ja tuttavaid ning valgustunneleid mõnuainete tarvitamise ajal ei nähta, kaasaarvatud ka tagasivaadet maisele elule, mis on üks iseloomulikumaid külgi SLK-de juures.

Surmalähedased kogemused (SLK-d) jäävad selle läbielanutele väga hästi meelde. Näiteks selle kogemuse detaile võivad inimesed mäletada isegi kümneid aastaid hiljem ja selle mõju inimese psüühikale ning isiksusele on pikaajaline ja mastaapne. Miks see nii on, ei osata veel täpselt selgitada. Kuid psühholoogiliselt võib hüpotiseerida, et kuna SLK nähtused on niivõrd uskumatud ja tähendusrikkad mistahes inimese mõistusele ja isiksusele, siis seetõttu jääbki see detailselt pikaks ajaks väga hästi meelde. See on psühholoogiliselt mõistetav. Näiteks kui inimene kohtuks metsas seenelkäigu ajal maa peale maandunud ufoga ja sellest välja hõljunud tulnukaga, siis ka selline sündmus jääks inimesele tõenäoliselt eluks ajaks meelde. See tähendab seda, et mida erakordsem, tähendusrikkam ja uskumatum on sündmus või elamus inimesele subjektiivselt, seda paremini ja pikaajalisemalt jäävad meelde sellega seotud detailid ehkki mälestused võivad aja jooksul muutuda.

Mälupsühholoogid rõhutavad, et mälu on välistele mõjutustele väga vastuvõtlik (näiteks infole teistelt inimestelt või sotsiaalmeediast nähtule). Mälestused juhtunud sündmuste kohta pole inimeste mälus tegelikult püsivalt samad. See tähendab, et mälestused on pidevas muutumises.

Kui inimese mälestused aja jooksul muutuvad, siis seega võivad tekkida „valemälestused“. Valemälestused on mälestused sündmustest ja elamustest, mida tegelikult ei ole olemas olnud. Siinkohal on märkimisväärne see, et SLK-de korral ei esine teadaolevalt valemälestusi. See tähendab, et inimeste mälestused SLK-de kohta jäävad enamasti tõetruudeks, mitte ei muutu aja jooksul. Üks põhjus sellisele järeldusele on see, et väga suur osa inimeste tagantjärele kirjeldustest SLK-de kohta kattuvad üksteisega väga täpselt. Võib üsna kindlalt väita, et SLK-d esinevad enamasti väga kindla „stsenaariumi“ järgi, mistõttu saab teha järelduse, et inimeste mälestused SLK-de kohta ajas väga suuresti ei muutu, mis on jällegi huvitav fenomen SLK-de juures. Niisamuti ka sotsiaalsed ning kultuurilised mõjutused ei ole mänginud suurt rolli SLK-de sisu ja selle mäletamise muutumises. See tähendab, et inimeste kirjeldused SLK-de kohta on samasugused ka 80 aastat tagasi võrreldes tänapäeva juhtumitega. Kultuuriruum muutub ajas, kuid SLK-de sisu ja sügavam tähendus inimesele subjektiivselt ajas ei muutu. Võiks öelda, et hoopis SLK-d mõjutavad inimeste kultuuriruumi (ilukirjandus, teatrid, filmid, kinod jne), mitte vastupidi.

2.2.22.2 Tagasivaade elule

Levinud arvamuse järgi näeb inimene surmasuus oma elatud maist elu. Inimese maine elu justkui jookseks silmade eest läbi. Selle vallandajaks arvatakse olevat inimese surm, mis tekitab ajule tohutult suure trauma. Kuid tegelikkuses on see palju keerulisem ja nüansirikkam, kui enamasti arvatakse. Inimese maine elu ei jookse tegelikult silmade eest läbi, vaid see „visualiseerub“ kindla stsenaariumi järgi ja kindlates oludes isegi surmalähedaste kogemuste korral. Tegemist on üsna laialt levinud lihtsustatud müüdiga, mis ei vasta tegelikkusele. Järgnevalt kirjeldamegi detailsemalt seda, et kuidas inimene tegelikult näeb oma elatud maist elu surmahetkel.

Pärast oma füüsilisest kehast eraldumist hakkab inimene mõistma, et ta on ilmselt suremas. Ta näeb üsna varsti ühte suurt pimedat tunnelit. Ta tunneb enda tõmbumist selle tunneli sisse. Kuid mõne aja pärast paistab tunneli lõpust väga ere valgus.

Tunneli lõpus tulevad inimesele vastu valgusolendid, kes kiirgavad valgust ülimalt hiilgavalt ja

kelle isiksused on ülimalt aukartustäratavad, kuid sellegipoolest väga meeldivad. Nad loovad saabujale ülima rõõmu- ja rahutunde. Paljud surmalähedaste kogemustega inimesed on kirjeldanud nende valgusolendite armastuse tunnet kui „*puhtaimat armastust*“, mis Universumis üldse eksisteerida saab. Kõik see näib kiirgavat pimestavast valgusest.

Mõne aja möödudes tajub inimene ühe väga erilise valgusolendi lähedalolu. Vastavalt inimese religioossest või ateistlikust kultuuri taustast, võib ta näha selles pühas valgusolendis Jumalat, Kristust, Buddhat, Allahit või mõnda teist püha isikut. Sellist ülimat valgusolendit näevad usklikud, ateistid ja ka agnostikud. Temast kiirgab ülimat armastust ja ülimat mõistmist. Selle valgusolendi valgus on erakordselt ere. See on ülimalt silmipimestav.

Selle ülimalt hiilgava ja aukartustäratava valgusolendi juuresolekul avaneb inimesel võimalus näha oma seni elatut maiset elu, mis ilmub tema ette erakordse kolmemõõtmelise panoraamina. Seal näeb ta kõrvalt kõiki oma elusündmusi. Selle juures kogetav ajamõõde on hoopis teistsugune, kui me seda tajume maa peal olles. Aeg on omandanud hoopis eripärase eksisteerimise vormi. Inimese kogu elatud elu on võimalik nüüd detailselt näha. Inimene tunnetab oma tegude mõju teistele inimestele, mis ta maises elus korda on saatnud. Inimene tajub teiste inimeste teadvuses esinevat rõõmu ja rahulolu või valu ja piina, vastavalt sellele, mida ta on teistele inimestele elu jooksul põhjustanud. Tagasivaate ajal viibib valgusolend inimese kõrval. Valgusolend aitab inimesel oma vigadest õppida.

Surmalähedaste kogemuste ajal on inimene väljunud oma kehast, mis iseenesest ei tekita mitte mingeid imelisi kolmemõõtmelisi panoraame oma elatud elust. Alles mingi valgusolendi juuresolekul näeb kehast väljunud inimene oma maist elu kolmemõõtmelise visualisatsioonina. Selle sisu „lähtub“ otseselt just kehast väljunud inimesest, kuid visuaale tekitab (kutsub esile nähtavaks visuaaliks) valgusolend, kes oma erakordse telepaatilise võimega „sängitab“ saabunud inimest oma imeliste tajuelamustega. Võib öelda, et inimese füüsilise keha muutumisega (s.t. kehast väljumisega) kaasneb ka teadvusliku telepaatia võimalus, mille kaudu käib suhtlus valgusolendiga.

Surmalähedaste kogemuste nähtustes esinevad valgusolendid, kes suhtlevad kehast väljunud ehk antud juhul ajutiselt surnud inimesega just telepaatilisel teel. Valgusolendi juuresolekul võivad inimesed näha tagasivaadet oma maisele elule. Ka seda võib tõlgendada kui telepaatilise suhtlusena, sest selle sisu „lähtub“ kehast väljunud inimesest, kuid tekitab nähtavaks visuaaliks just valgusolend, kes parajasti kehast väljunud inimest tervitama tuleb.

Kõik sellised visualisatsioonid on äärmiselt võimsad, sügavale mällu süübivad ja väga usutavad. Selliseid ülivõimsaid ja väga usutavaid visualisatsioone kutsuvad esile nähtavateks visuaalideks tegelikult valgusolendid oma imeliste telepaatiliste võimetega, kes kehast väljunud inimestega parajasti kohtuma tulevad. Visualisatsiooni sisu tuleneb inimesest, kuna selles nähakse inimese maist elu, mitte valgusolendi elukogemusi kuskilt universumist.

2.2.22.3 Mälestused surmalähedastes kogemustes

Inimese mälestused on talletunud aju närviühenduse võrgustikku. Erinevad mälestused talletuvad erinevates ajupiirkondades. Näiteks prantsuse keele tegusõnad „paiknevad“ Broca ja Wernicke ajupiirkondades, kuid matemaatikavalemid on talletunud aju tagaosas. Varem arvati, et kogu inimese mälu asub hipokampuse ajupiirkonnas, kuid tegelikult on selline ajupiirkond pigem vaadeldav aju „sisekorrana“. Näiteks kui hipokampus on saanud viga või ei toimi, siis ei suuda inimene oma mälestusi üles leida ehkki on need ajus tegelikult olemas. Hipokampus võib vahel sattuda segadusse, mille korral püüab hipokampus mälestust aju arhiividest üles leida. See võib avalduda näiteks nii, et kui me püüame midagi meenutada, kuid meile tundub, et otsitav on just kui keele peal, ent ei taha ikkagi mälust esile tulla. Kuna ajuühendused aja jooksul nõrgenevad, mistõttu

ähmastab see ka mälestusi, siis seega tekivad vananedes paljude inimeste mällu püsivad augud.

2016. aastal näitas California ülikooli neuroloog Li Gan, et valk nimega KIBRA aitab ajul mälestusi alles hoida. Neuronid suhtlevad omavahel peale elektrisignaalide ka veel keemiliste signaalide ehk neurotransmitterite abil. Neuronite vahelistes ühendustes ehk sünapsides hoolitseb KIBRA signaali ülekande eest ühe neuroni retseptorilt teisele. Teadlane avastas, et Alzheimerit põdevatel patsientide ajus ei saa KIBRA korralikult toimida, muu hulgas just närviühenduste nõrgenemise tõttu.

Valk nimetusega KIBRA on meditsiinis tuntud ka kui neeru ja aju ekspresseeritud valguna (KIBRA) või WW domeeni sisaldava valguna 1 (WWC1). See on valk, mida inimestel kodeerib WWC1 geen. Geenis esinevat ühte nukleotiidi polümorfismi (rs17070145) on erinevates uuringutes alates 2006. aastast seostatud inimese mälu ja kognitiivsete võimetega. Kuigi 2008. aasta uuringus, milles osales 584 katseisikut, ei leitud olulist KIBRA seost mäluga, korrati esialgset 2006. aasta uuringut 2008. aastal väiksemas eaka elanikkonna valimis. Kaks järgnevat uuringut 2009. aastal näitasid siiski, et KIBRA on konkreetselt seotud mittesemantilise materjali unustamisega ning kognitiivse paindlikkusega suitsetajate ja mittesuitsetajate seas. On näidatud, et KIBRA SNP-d suurendavad hipokampuse ajupiirkonna mahtu, mõjutavad ruumilisi võimeid ja teaduslikke saavutusi. Samuti on hakatud alles viimasel ajal uurima KIBRA rolli Alzheimeri tõve tekkimise ja kulgemise korral. KIBRA-l on vähemalt 10 interaktsioonipartnerit, sealhulgas sünaptopodiin, PKCζ ja Dendriin, millest enamus muudab sünaptilist plastilisust. Näiteks Dendriin on postsünaptiline valk, mille ekspressiooni reguleerib unepuudus. On näidatud, et KIBRA interakteerub proteiinkinaasi Mζ-ga.

Eelnevast selgub, et inimese mälestused võivad tuhmuda või kaduda peamiselt kahel põhjusel. Esiteks, ajupiirkond nimega hipokampus võib olla kahjustunud või ei toimi normaalselt, mistõttu on inimesel raske meenutada talletunud mälestusi. Kuid sellegipoolest on mälestused ajus olemas, lihtsalt üles leida on raske. Teiseks, mälestused võivad tuhmuda või sootuks kaduda ka närvivõrgustike ühenduste nõrgenemise tõttu. Näiteks kui närviühendused nõrgenevad või sootuks lakkavad, siis mõjutab see mälestuste talletamist ajus. Selle tulemusena kaovad mälestused sootuks, mitte ei jää ajusse kestma nagu hipokampuse kahjustumise korral. See tähendab, et mälestused kaovad, mitte pole neid raske üles leida. Mälestuste tuhmumine või kadumine esineb tegelikult veel ühel põhjusel: uute kogemuste saamisel. Kui inimesed kogevad uusi asju, siis need uued kogemused talletuvad inimese mällu. Uute mälestuste tekkimiseks peab ajus tegema „ruumi“ vanade mälestuste arvelt, mistõttu vanemad mälestused tuhmuvad, nõrgenevad või sootuks kaovad. See tähendab, et aju ei ole siiski prügikast, kuhu mahub lõpmata palju infot. Isegi ajul on omad mahupiirangud ehkki selle maht on äärmiselt suur.

Inimese ajumahtu on võimalik välja arvutada ühe lihtsa meetodi abil. Selleks tuleb mõista aju andmemahu seoseid arvutites esinevate mälumahtudega. Näiteks videofaili mälumahu suurus võib hinnanguliselt näidata ka inimese aju mahusuurust, kuna inimese maailma nägemine sünnist surmani sarnaneb filmi vaatamisega algusest lõpuni. See tähendab, et filmi vaatamise korral võrdub filmi mälumahu suurus hinnanguliselt inimese aju läbiva info mahuga, mis annab infot ka ajus talletatava andmemahu suuruse kohta. Mida parem on filmi kvaliteet, seda suurem on ka andmemahu kulu arvutis ja internetis. Netflix tarbib natuke rohkem internetti, kui seda teeb YouTube. Kui 480p resolutsiooniga video vaatamine kasutab Netflixis ligi 700 MB andmemahtu tunnis, siis Ultra HD (4K) kvaliteediga video tarbib juba ligi 7 GB tunnis. Sinna vahele jäävad 720p, 1080p, 1440p resolutsiooniga videote andmemahu kulu on vastavalt 0,9 GB, 1,5 GB ning 3 GB tunnis. Kuid ajumahu teada saamiseks kasutame siiski 4K resolatsiooniga filmi andmemahtu, milleks on ligikaudu 7 GB tunnis. Kui me selle korrutame aastase pikkusega tundides ehk seega 8 760-ga, saame 61 320 GB aastas. Kui me selle korrutame omakorda naiste oodatava elueaga ehk 83,1-ga, siis saame tulemuseks 5 095 692 GB eluea jooksul. Kuna andmehulk 1024 gigabaiti ehk 2^{40} = 1 099 511 627 776 baiti on 1 terabait, siis seega saame lõpptulemuseks ligikaudu 5 tuhat terabaiti. See tähendabki seda, et inimese aju läbib eluea jooksul (sünnist surmani) ligikaudu 5 tuhat terabaiti andmeid, millest osa sellest võib pidada talletatava info mälumahuks. Märkida tuleb seda, et liigaastaid ei ole arvutustes arvestatud.

Oodatav eluiga on inimese sünnihetkel keskmiselt elada jäänud aastate arv, kui suremus ei muutu. Näitaja arvutatakse vastava aasta suremusnäitajate põhjal ja kehtib ainult siis, kui need ei muutu. Enamasti see nii aga ei ole, kuid trendina näitab oodatav eluiga inimeste eluea muutumist ja ühiskonna arengut võrreldes varasema aja ja teiste riikidega. Meeste ja naiste oodatavat eluiga vaadatakse eraldi. Oodatavat eluiga ja elada jäänud aastaid arvutatakse ka eraldi elukoha, rahvuse ja hariduse järgi. Meeste oodatav eluiga Eesti Vabariigis 2023. aasta statistika andmete järgi on 74,5 aastat, kuid naiste oodatav eluiga on 83,1 aastat.

Mõned allikad ütlevad, et inimese mälumaht (ajumaht) on hoopis 2,5 miljonit GB.

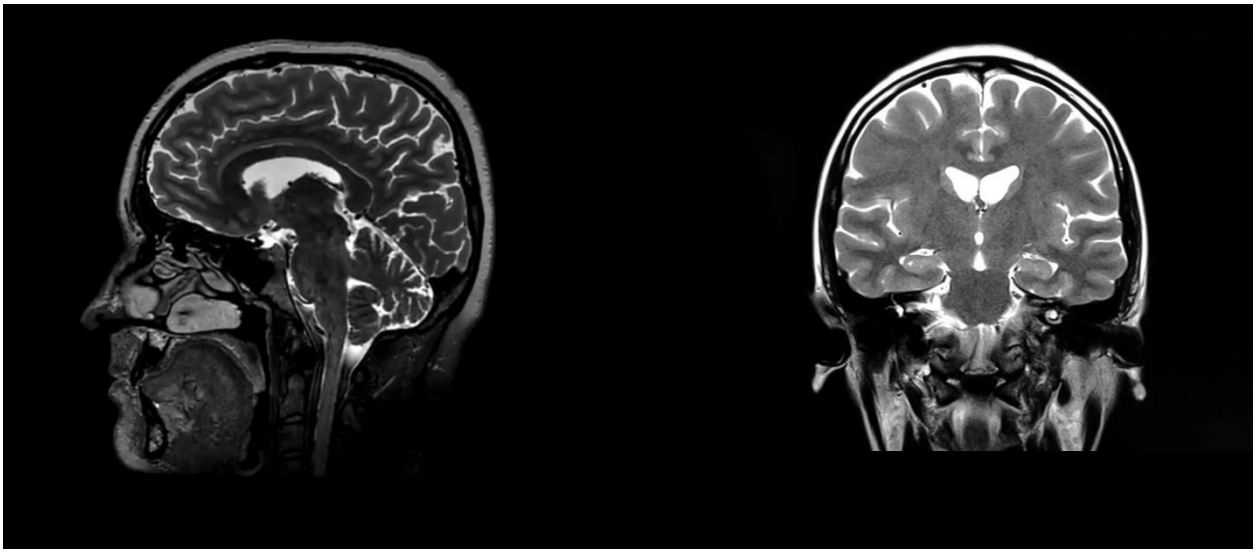
Surmalähedaste kogemuste ajal nähakse ebamaist valgusolendit, kes näitab saabujale ehk kehast väljunud inimesele elatud elu kolmemõõtmelise panoraamina. Selles erakordses ülevaates näeb inimene kõiki oma eluetappe, eelkõige kõige olulisemaid sündmusi oma maisest elust. Inimene näeb tagasivaates oma elule ka neid sündmusi, mida ta enam ei pruugi üldsegi enam mäletada. Sellisel juhul ei ole mälestused kuhugi kadunud, vaid inimene suudab meenutada mistahes sündmust oma elatud ajaperioodist. See tähendab, et inimese aju ei suuda kõiki mälestusi jäädvustada (uute kogemuste tõttu) või üles leida (aju kahjustumise tõttu, näiteks hipokampuse ajupiirkonna häirumise tõttu), kuid kehavälises olekus suudab inimene meenutada peaaegu mistahes elusündmust. Seda näitavad inimeste surmalähedased kogemused, mille kirjeldused on kõik väga sarnased.

Seda, et kuidas inimene saab mäletada kehavälises olekus neid asju, mille on inimese aju niiöelda ära unustanud? Sellele mõistatusele on olemas kaks erinevat teooriat. Järgnevalt esitame neist ühe. Neuropsühholoogiast on teada, et inimese mälestused on talletunud neuronite suurtesse võrgustikesse. See aga tähendab, et mälestused kaovad ära siis, kui neuronite võrgustike ühendused nõrgenevad või saab kahjustada hipokampuse ajupiirkond. Aju surma korral lakkavad need mõlemad elektriliselt funktsioneerimast. Kuid ajupiirkondade elektrilise funktsioneerimise tulemusena tekivad neuronite väljades muutused, mille tagajärjel tekivad elektromagnetlained. Need lained ei levi ruumis (s.t. vaakumis) iseseisvalt edasi, kuid nende tekkimise tõttu peavad need tekkima ka hyperruumis. See tähendab, et kogu inimese eluea jooksul (sünnist surmani) kiirgab närvisüsteem elektromagnetlaineid hyperruumi. Selles mõttes eksisteerib ümber inimese keha (kaasaarvatud ka aju) füüsikaline energiaväli, mis pole aegruumis tuvastatav ega mõjutatav, kuid hyperruumis on see olemas. Kui neuronite võrgustike ühendused võivad lakata, siis elektromagnetlainete eksisteerimised hyperruumis ei lakka mitte kunagi, mistõttu ei lakka ka nende omavahelised seosed hyperruumis. Seetõttu võib öelda, et kui ajus võivad mälestused kaduda neuronite võrgustike ühenduste nõrgenemise tõttu, siis inimest ümbritsevas energiaväljas seda ei juhtu. Kui inimene sureb ja leiab ennast äkki kehavälises olekus, siis tegelikult on inimese teadvus niiöelda „ärganud“ selles energiaväljas, mis ümbritses eluajal inimest. See aga lubab oletada, et energiaväljas talletunud mälestused elektromagnetlainete omavaheliste seoste tõttu võib inimene mäletada ka neid asju, mida surev aju enam ei võimaldanud. Seetõttu saabki inimene näha ja tunda tagasivaates oma elule ka selliseid mälestusi, mida ta ise enam ei pruukinud enam mäletada.

Teine seletav teooria on seotud inimese kehast väljumise endaga. Näiteks aju elektrilise aktiivsuse tulemusena tekivad elektromagnetlained kõikjal ajupiirkondades, mistõttu tekivad need ka hyperruumis paralleelselt ajupiirkondades tekkivate lainetega. Neuronite võrgustike ühendused võivad nõrgeneda või isegi lakata, kuid neuronid ise jäävad ajus siiski eksisteerima. Hyperruumis tekkinud elektromagnetlained ei lakka samuti eksisteerimast, kaasaarvatud ka nende omavahelised seosed. See tähendab seda, et kui kõikidest ajupiirkondadest tekivad elektromagnetlained hyperruumi, siis seega sellises hyperruumis tekkinud energiaväljas moodustub inimese ajust koopia elektromagnetlainete ruumilise konfiguratsiooni ja nende omavaheliste seoste näol. Ülimalt täpse koopia tõttu võimaldavad nende lainete omavahelised seosed taas mäletada neid elamusi ja kogemusi, mis bioloogilises ajus on läinud kaduma. Bioloogilises ajus võivad neuronite võrgustike ühendused nõrgeneda või sootuks lakata, kuid hyperruumis tekkinud „aju koopias“ ei lakka lainete omavahelised seosed kunagi. See tähendab, et bioloogilises ajus nõrgenenud või lakanud seos

neuronite või ajupiirkondade vahel taas „ärkab ellu“ lainete omavahelises seoses hyperruumis. See tähendab omakorda, et kehast väljudes hakkab inimene mäletama automaatselt ka neid elamusi ja kogemusi, mille bioloogiline aju on eluajal ära unustanud.

Kui kõikidest ajupiirkondadest tekivad elektromagnetlained hyperruumi, siis seega sellises hyperruumis tekkinud energiaväljas moodustub inimese ajust ülitäpne koopia elektromagnetlainete ruumilise konfiguratsiooni ja nende omavaheliste seoste näol. Tuumamagnetresonantstomograafia ja kompuutertomograafia on sellised meditsiinis kasutatavad tehnoloogiad, mis võimaldavad teha inimese ajust arusaadavaid ja selgeid kolmemõõtmelisi kujutisi kõrvaltvaates või otsevaatest. Ka selles mõttes on tegemist aju väga täpse koopiaga, mida on võimalik arvuti ekraanilt jälgida:



Surmalähedased kogemused (ehk SLK) ja kehast väljumine on peaaegu samatähenduslikud mõisted ehkki SLK on palju laiem nähtus kui kehast väljumine. Näiteks SLK hõlmab peale inimese kehast väljumist ka veel surnute nägemist, valguse tunnelit, valgusolendeid, põrgu- või paradiisi maastikke, groteskseid olendeid jne. Kui räägitakse ainult kehast väljumisest, siis selle all mõeldakse inimese teadvuse „ärkamisest“ kehavälises olekus. Kui inimene sureb ja leiab ennast äkki kehavälises olekus, siis tegelikult on inimese teadvus niiöelda „ärganud“ selles energiaväljas, mis ümbritses eluajal inimest. Inimese kehast väljumise füüsikateoorias võivad surmalähedased kogemused tähistada ka ainult inimese kehast väljumist.

Energiaväli on füüsikaline väli, mis omab energiat. Energiavälja võib moodustada ka elektromagnetlained, kui need on üksteise suhtes paigal. Nii on see näiteks hyperruumis, kui need sinna peaksid tekkima. Inimese kehast väljumise korral eksisteerib inimese teadvus ja psüühika sellise energiaväljana, mis on tekkinud ja eksisteerib hyperruumis.

Kuigi hyperruumis ei eksisteeri enam aega ega ruumi (sest vastavalt relatiivsusteooria järgi võrduvad nende dimensioonid nulliga), võime hyperruumi sellegipoolest ettekujutada näiteks ühemõõtmelise ruumina. Liikudes selles edasi või tagasi rändame ajas vastavalt tulevikku või minevikku ja seetõttu on aeg seal pigem kahemõõtmeline. Kuid hyperruumi on võimalik ettekujutada ka kolmemõõtmelise ruumina, sest sellesse on võimalik “siseneda” mistahes tavaruumi koordinaadi punktist ja kehad teleportreeruvad „sealt“ mistahes tavaruumi punkti.

Hyperruum on hüpoteetiline aegruum, mis eksisteerib meie igapäevaselt tajutavast ajast ja ruumist väljapool. Ehkki hyperruum sisaldab endas aja ja ruumi igapäevaseid mõisteid, siis reaalselt ehk tegelikult ei sisalda hyperruum endas mitte mingisuguseid aja- ja ruumidimensioone. Kuid sellegipoolest kujutatakse hyperruumi geomeetrilistes mudelites kolme- või isegi neljamõõtmelise koordinaatsüsteemina, mis eksisteerib paralleelselt meie tavalise aegruumi kõrval. Seetõttu saabki rääkida elektromagnetlainete ruumilisest konfiguratsioonist hyperruumis. Hyperruum on nagu paralleelaegruum (mitte segi ajada paralleelmaailmaga), milles ei eksisteeri aega ega ruumi. Hyperruum on nagu väljaspool aegruumi eksisteeriv ajatu ja ruumitu dimensioon.

2.2.23 Aju puhkepotentsiaaliseisund

Kui inimene on elus ja terve, liiguvad sekundis miljonid elektriimpulsid mööda ajus olevaid närvikiude, mille tagajärjel neuronid laenglevad ehk ajupiirkonnad on elektriliselt aktiivsed. Seda kliinilist olekut nimetatakse toime- ehk tööpotentsiaali seisundiks, mille mõiste tuleneb närvikiu elektrilisest tööpõhimõttest. Erutuse tekkimise või levimise ehk toimepotentsiaali korral tungivad närvikiu sisemusse positiivsed laengud. Selle tagajärjel suureneb kiu siseosa potentsiaal järsult ja saavutab väliskeskkonna suhtes väärtuse +40 mV. Pärast seda liiguvad positiivsed laengud tagasi väliskeskkonda, mille tagajärjel muutub närvikiu siseosa taas väliskeskkonna suhtes negatiivseks. Kõik see toimub umbes ühe millisekundi jooksul ja selline pingeimpulss levib mööda närvikiudu edasi kuni „suubub“ mõnda närvirakku ehk neuronisse, mille tagajärjel hakkab see laenglema.

Elektriimpulsside tekkimine ja nende levik ajus põhjustab närvirakkude laenglemist, mille tagajärjel on inimese teadvus ja psüühika esinemised aktiivsed. Sellest tuleneb ka analoogne mõiste – tööpotentsiaali seisund, mida kasutatakse ka elektriimpulsi tööpõhimõtte kirjeldamisel. Kuid inimese kooma või kliinilise surma korral ei ole ajupiirkonnad enam aktiivsed ehk neuronid ei laengle, mis tähendab omakorda seda, et ajus ei levi enam elektriimpulsid. Elektriimpulsside levimise lakkamise korral lakkavad töötamast ka ajupiirkondade laenglemised. Neuronid enam siis ei laengle. Sellist kliinilist seisundit nimetatakse „puhkepotentsiaali seisundiks“, mille mõiste tuleneb jällegi elektriimpulsi tööpõhimõtte kirjeldusest. See on sellepärast nii, et selline aju üldine mitteaktivatsiooniseisund on samasugune, mis närvikiu korralgi, mil ei esine elektriimpulsi teket ega selle levimist. Närvikiu (näiteks aksoni) puhkepotentsiaali määravad positiivsete ja negatiivsete ioonide ehk laengute konsentratsioonid mõlemal pool närvikiu seina. Närvikiu siseosa on sellisel juhul väliskeskkonna suhtes negatiivse pinge all, mille väärtus on ligikaudu -70 mV.

Väga tähelepanuväärne on märkida seda, et nii närvikiu (s.t. aksoni) kui ka neuroni membraani siseosa on mõlemad puhkepotentsiaali korral väliskeskkonna suhtes negatiivse pinge all, mille väärtus on ligikaudu -70 mV. See tähendab seda, et mõlemad on ühesuguse polariseeritusega, mitte vastandliku polarisatsiooniga. See on väga huvitav fakt.

> Närvikiu puhkepotentsiaali määravad positiivsete ja negatiivsete ioonide ehk laengute konsentratsioonid mõlemal pool närvikiu seina. Närvikiu siseosa on sellisel juhul väliskeskkonna suhtes negatiivse pinge all, mille väärtus on ligikaudu -70 mV. See tähendab, et närvikiud on elektrilaengute poolt polariseerunud. Täpselt nii on ka neuronitega, mille korral on neuroni siseosa väliskeskkonna suhtes negatiivse pinge all ehk samuti polariseerunud. Selline elektrilaengute polarisatsioon esineb kõikjal üle terve aju ja närvisüsteemi.

Kahest erimärgiliselt laetud kehast koosnevat süsteemi, millel on väga suur elektrimahtuvus, nimetatakse kondensaatoriks. Kõige lihtsam kondensaator on plaatkondensaator, mis koosneb kahest teineteise lähedal asuvast erimärgiliselt laetud paralleelsest plaadist. Kuna närvikiu puhkepotentsiaali määravad positiivsete ja negatiivsete laengute konsentratsioonid mõlemal pool närvikiu seina, siis võib närvikiudu vaadelda ja käsitleda kui kondensaatorit, millel on mingi kindel elektrimahtuvus. Kondensaatori laadimiseks kulutatud energia muundub elektrivälja energiaks, mis esineb kahe erimärgiliselt laetud plaadi vahelises ruumis.

Kuna inimese kehast väljumine esineb reaalselt ainult siis, kui aju üldine aktiivsus hakkab lakkama (näiteks kooma või kliinilise surma tekkimise eelsel ajal), siis võib seda mõista ka nii, et inimese kehast väljumine esineb ainult aju puhkepotentsiaali seisundi tekkimise eelsel ajal.

Inimese kooma või kliinilise surma ajal ei levi inimese ajus globaalselt enam impulsse ja seega ajupiirkonnad elektriliselt ei aktiveeru. Neuronid enam siis ei laengle ja peaaegu kõikjal närvisüsteemi (s.t. aju) piirkondades esineb täielik erimärgiliste laengute ühesugune polarisatsioon.

Sellist olekut nimetatakse aju „puhkepotentsiaali seisundiks“. Just enne sellise seisundi tekkimist (kooma või kliinilise surma eel) on inimesed väidetavalt oma kehadest väljunud.

Inimese kehast väljumine esineb alati siis, kui inimene langeb sügavasse koomasse või kliinilisse surma. Kooma või kliinilise surma ajal on inimese ajuaktiivsus peaaegu täielikult lakanud. Inimese koomaseisund ei ole tegelikult jäädavalt püsiv, vaid ajutine seisund. Pärast seda olekut läheb patsient üle kõigest mõnede nädalate pärast minimaalsele teadvusele, vegetatiivsesse seisundisse või ajusurma. Niimoodi jagatakse inimese kestvat teadvusetust kolme staadiumisse.

Aju aktiivsus ei ole tegelikult surmalähedaste kogemuste ajal ehk inimese kliinilise surma ajal täielikult lakanud. Sellisel ajal näitab EEG aparaat küll aju elektrilise aktiivsuse puudumist, kuid selliste ajuaktiivsuste korral, mis funktsioneerivad väga madalates ajustruktuurides (näiteks taalamuses ja ajutüves), on EEG registreerumistundlikkus väga nõrk või üldse puudub. Rakusisesed protsessid ja ka laenglemised toimuvad ikka endiselt. See tähendab seda, et ajus (näiteks suuraju koores) on tegelikult ka surmalähedaste kogemuste ajal aktiivsust, kuid seda siiski väga vähesel määral. Sellisel korral esineb ajus „teistsugune aktiivsus“.

> EEG registreerib ajukoore bioelektrilist aktiivsust. Aju suhtleb südamega uitnärvi kaudu. Süsihappegaasi ehk CO_2 sissehingamisel tekib inimesel akuutne hapnikuvaegus, mis viib aju ja südame kriisiseisundisse. Elektrokardiogramm on pinge ajalise sõltuvuse graafik. Pinge tekib kahe erineva elektroodi vahel, mis on kinnitatud iminappade abil inimese rindkerele, et uurida südame potentsiaali perioodilisi muutusi, mis avaldub pingetena inimese keha pinnal. Elektrokardiogrammi (mis uurib südame tööd) ja elektroentsefalogrammi ehk EEG (mis uurib peaaju tööd) tööpõhimõtted on sarnased ja inimese kliinilise surma korral näitavad mõlemad sirget katkematut joont.
>
> „Olgu mainitud, et pikemat aega püsinud muutused elektrokardiogrammi kõveras on kindel tunnistus üle elatud hapnikupuudusest, kuid mitte südameinfarktist. Niisiis ei olnud kogetud surm ainuüksi psüühiline, vaid ka orgaanilist osa puudutanud sündmus.“ (Irma Weisen, lk. 21)

Koomapatsientide üks ravimismeetodeid seisneb selles, et taastatakse aju signaalainete nö. keemiline tasakaal. Selleks kasutatakse dopamiini konsentratsiooni suurendavaid ravimeid, mida kasutatakse ka Parkinsoni tõve raviks. Dopamiin on signaalaine ehk neurotransmitter, mille abil jõuab elektriimpulss ühelt neuronilt teisele. Närvirakud ehk neuronid moodustavad veidi vähem kui pool kõikidest ajurakkudest. Suurem osa ajurakke on gliiarakud, mis varustavad hapniku ja energiaga närvirakke ja toetavad neid. Gliiarakud ka eemaldavad surnuid rakke. Inimese aju elektriline stimulatsioon võib põhjustada närvirakkude aktiveerumise, mille korral hakkavad need saatma närvisignaale. Selline tegevus stimuleerib ka närvirakkude kasvu ja seeläbi tekivad ühendused teiste närvirakkudega.

> Näiteks George Washingtoni Ülikoolis resideeriv Mohamad Koubeiss avastas 2014 aastal, et Claustrumina tuntud õhukese ebamäärase kujuga ajupiirkond käitub kui „teadvuse lüliti“. See tähendab seda, et selle ajupiirkonna elektriline stimuleerimine viib inimese teadvuse kaotamiseni või teadvusele ärkamiseni. 2007. aastal suutis Nicholas Schiff ja tema töörühm teadvusele tuua patsiendi, kes oli kuus aastat minimaalses teadvuslikus seisundis. Ta suutis seda teha stimuleerides elektriliselt talamuse mittespetsiifilisi tuumasid.

Ajus oleva glükoosi tarbimisest on võimalik mõõta inimese ajuaktiivsust, sest neuronite aktiivsuse suurenemine tähendab ka rohkem glükoosi omastamist nendes rakkudes. Glükoos on neuronite toitaine. Koomapatsiendi ärkamise tõenäosus sõltubki haige ajuaktiivsuse määrast ehk aju glükoositarve protsentuaalsusest võrreldes tavapärase olekuga.

Kuna surmalähedased kogemused ja kehast väljumised esinevad peaaegu alati inimese kooma

või kliinilise surma eel, siis seega inimese kunstlikku ehk tahtlikku kehast väljumist on võimalik esile kutsuda ainult siis, kui inimest viia üsna ohutult tänapäeva meditsiiniliste vahenditega kunstlikkusse koomasse või kliinilisse surma. See tähendab seda, et inimene tuleb viia aju puhkepotentsiaali olekusse selleks, et kunstlikult ehk eesmärgipäraselt tekitada inimese kehast väljumise reaalne võimalus. Tänapäeva meditsiiniliste vahenditega on seda võimalik teostada üsna ohutult.

> Kõige rohkem surmalähedasi kogemusi esineb siis, kui inimesel tekib akuutne südameseiskumine. Akuutne südameseiskumine on väga äge, kuid lühiajaline südame seiskumine. Südame seiskumise korral satub inimene kliinilisse surma, mille tulemusena on patsiendi aju jäänud mõneks minutiks ilma hapnikuta. Seega võib akuutne südameseiskumine põhjustada akuutset hapnikuvaegust. Akuutne hapnikuvaegus ehk akuutne hüpoksia on kas kogu organismi, üksikute elundite või kudede väga äge ja lühiajaline hapnikuvaegus pro- ja eukarüootsetes organismides.
>
> Sellisel juhul muutub „eutanaasia“ mõiste, kui tuntakse inimese kehast väljumise kõiki tahke. Inimese reaalse kehast väljumise korral seisneb eutanaasia ainult „keha vahetuses“, mitte enam vabatahtlikult või sunniviisiliselt surma minemises. Sellisel juhul on inimese eesmärgiks eksisteerida teistsuguses kehas ja mitte omada enam bioloogilist keha. Suitsiidiga pole siin enam midagi pistmist. See mõneti sarnaneb „soovahetusega“, mille korral soovib inimene muuta oma sugu.
>
> > Suitsiid on inimese enesetapp – vabatahtlikult surma minemine. Suitsiidi ehk inimese enesetapu sotsiaalseid ja psühholoogilisi põhjusi ning ennetust uurib teadusharu nimega suitsidoloogia. Kuid eutanaasia seisneb sellises sunnitud enesetapus, mille põhjustab mingi vältimatu ja sageli ravimatu raske haigus, mis halvab peaaegu täielikult inimese senise elukvaliteedi. Näiteks võib inimene viibida koomas ja pole teada millal ta üles ärkab. Eutanaasiat reguleeritakse riikides seadustega ja sellele annab nõusoleku patsient ise (kui ta saab) või tema lähedased (kui neid on), kuid mitte arstid, kes patsienti elus püüavad hoida.

Näiteks Pam Reynolds, kes oli Atlanta laulja ja laululooja, viidi 1991. aastal operatsiooni ajal kliinilise surma seisundisse. Pam Reynoldsi juhtum on üks kuulsamaid maailmas, sest kirjeldatud juhtum on tõestatud kui fakt. Kehast väljumist ja tunnelite nägemist on täheldatud ka paljudes teistes surmalähedastes kogemustes. Kuid neid asjaolusid, mida Pam koges esmalt üldnarkoosi ajal ja siis kliiniliselt surnud olles, kinnitasid hiljem ka tema operatsiooni ajal kohal olnud meditsiini töötajad.

> Pam Reynoldsil esinesid suured peapööritused. Laulja kõne- ja liikumisvõime hääbusid. Tal tehti kompuutertomograafia, milles oli näha, et naise ajuarteris ajutüve lähedal oli hiiglaslik aneurüsm. See on väga ohtlik, sest see võib lõhkeda ja inimese ära tappa. Surm võis tekkida ka tavalise lõikuse ajal. Naist ravis Phoenixi neurokirurg Robert Spetzler, kes on terapeutilise hüptermia spetsialist. See seisneb selles, et patsiendi kehatemperatuur viiakse nii madalale, et süda seiskub. Tekib kliiniline surm. Inimese aju ei tööta, kuid madalal kehatemperatuuril tuleb see ilma hapnikuta kauem toime. Paisunud veresooni pehmendab madal temperatuur ja seetõttu veresoonte lõhkemise oht väheneb. Sellepärast aneurüsm tühjeneb ja selle saab kõrvaldada. Naise kallal töötasid nii Spetzler kui ka tema enam kui 20 meditsiini ala töötajat. Ta viidi üldnarkoosi. Et aga Pami silmad ei kuiveneks, siis ta silmad määriti lubrikandiga kokku ja kleebiti kinni. Pami ajukoore elektrilist aktiivsust jälgiti elektroentsefalograafi elektroodidega. Naise kõrvadesse pisteti väikesed kõlarid, mis mõõtsid ajutüve aktiivsust. Nendes kõlarites oli kuulda 100 detsibelliseid klõpse.

Kuid just kolju lahtipuurimise ajal tundis Pam oma kehast väljumist ja seejärel nägi ta, kuidas arstid tema füüsilise keha kallal toimetavad. Seda rääkis naine hiljem pärast üldnarkoosi ajal olemist. Sellise operatsiooni ajal ei saanud kuidagi Pam kasutada oma silmi ega kõrvu. Kuid siiski mäletab ta seda mõtet (nähtut ja kuuldut), mil ta oli õhus hõljunud. „Minu meelest oli väga kummaline, kuidas nad mu pead olid raseerinud. Olin uskunud, et nad võtavad kõik juuksed ära, aga ei võtnud," rääkis Pam hiljem. Väga täpselt kirjeldas ta luusaagi ja selle tekitatud heli: „See kaadervärk, mille hääl oli jõle, nägi välja nagu elektrihambahari ja selles oli mõlk." Spetzler püüdis Pami pealmist ajukihti kääridega lahti lõigata, kui mingisugune südamekirurg püüdis sel ajal Pami paremas kubemes reiearterit tabada. Hiljem oli Pam mäletanud südamekirurgi kõnet: „Meil on probleem. Tema arterid on liiga kitsad." Pärast seda aga lausunud kohe meeshääl: „Proovi teiselt poolt." Sellist vestlust kinnitasid hiljem arstid, kuid Pam ei saanud ju seda kuidagigi kuulda, sest ta oli viibinud üldnarkoosis ja tema kõrvadesse oli lastud väikeste kõlarite „kurdistav" klõpsumine.

Kui Pam viidi kliinilisse surma, mis oli tekkinud madala kehatemperatuuri tagajärjel, siis hakkasid ilmnema surmalähedase kogemuse tavalised tunnusjooned. Ta oli operatsioonisaalist välja lennanud ja läinud mingisse valgesse tunnelisse. Tunneli lõpus nägi ta surnud sõpru ja tuttavaid. Naine tundis oma hinge kui ühte osa Jumalast. Ta mõistis, et kõik olemasolev on tekkinud sellest valgusest ehk Jumala hingeõhust. Kuid pärast seda juhatas Pami onu ta oma kehasse tagasi. Ta võrdles seda tunnet kui jäisesse basseini sukeldumist.

Inimese kooma ja kliiniline surm on omavahel mõnes mõttes vägagi sarnased. Mõlemal juhul on inimese ajuaktiivsus peaaegu täielikult lakanud. Kuid üks peamisi erinevusi seisneb selles, et kui kliinilises surmas oleval patsiendil on südame töö seiskunud (mis on kliinilise surma üks põhitunnuseid), siis koomas oleva inimese süda võib töödata. Kooma ja kliiniline surm on omavahel väga lähedased seisundid, mis eristavad üksteisest ainult mõned üksikud parameetrid.

Kuna inimesed on kehast väljunud just kliinilise surma eel, mille korral on korraks seiskunud inimese süda, siis seega peab süda olema seiskunud, et inimene saaks väljuda oma kehast. See tähendab ka seda, et kunstliku kooma ajal peab tegelikult olema ka süda seiskunud, et oleks võimalik teostada inimese kehast väljumist.

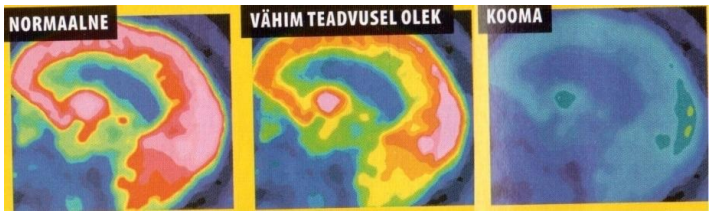
Joonis Kuna surmalähedased kogemused ja kehast väljumised esinevad peaaegu alati inimese kooma või kliinilise surma eel, siis seega inimese kunstlikku ehk tahtlikku kehast väljumist on võimalik esile kutsuda ainult siis, kui inimest viia üsna ohutult tänapäeva meditsiiniliste vahenditega kunstlikkusse koomasse või kliinilisse surma. See tähendab seda, et inimene tuleb viia aju puhkepotentsiaali olekusse selleks, et kunstlikult ehk eesmärgipäraselt tekitada inimese kehast väljumise reaalne võimalus. Tänapäeva meditsiiniliste vahenditega on seda võimalik teostada üsna ohutult.

Foto allikas: https://www.radiologyinfo.org/gallery-items/images/male-patient-ct-scan.jpg

Kunstlik kooma on põhimõtteliselt sama, mis üldnarkoos, kuid see on väga ekstreemne seisund. See tähendab seda, et patsiendi aju lülitatakse välja. Inimene ei ole enam siis teadvusel ja ta ei reageeri mittemingisugustele välisärritustele. Kuid inimese südamerütm, vererõhk ja hingamine siiski esineb arstide mehaaniliste protseduuride või kemikaalide manustamise abil. Inimest on võimalik koomasse viia narkoosiga (näiteks süstitakse inimese üldanesteesiaks veenidesse teatud kogust fentanüüli ja propofooli) või siis, kui inimese keha jahutatakse umbes 33 kraadini. Kuid oluline on see, et sellisest kunstlikust koomast on võimalik inimest tagasi teadvusele tuua.

Säärane kunstlik kooma annab ajule suurt rahu. Aju peab kahjustumise korral paranema just puhkuse kaudu. Ajukahjustused on väga erinevad, alates hapnikupuudulikusest kuni trombini või peapõrutuseni. Ka narkootilised kemikaalid kahjustavad aju rängalt viies aju neuronite keemilise tasakaalu paigast ära. Enamus juhtudel langeb aju koomasse iseenesest, kui on saanud väga tugevalt kahjustada. Tänapäeval on selge, et aju taastub vigastustest enamasti just läbi kooma seisundi. Kui inimene ärkab koomast liiga vara, siis see võib pikendada aju paranemisaega või isegi takistada aju paranemist vigastustest. Aju peab kasutama oma funktsioneerimiseks väga palju energiat. Seetõttu kasutataksegi kunstlikku koomat, et ajule anda täielikku rahu ja puhkust. Kunstliku kooma seisundit on võimalik peatada, kui leitakse, et aju tegevus on kontrolli all. Kuid peab märkima seda, et isegi kunstlikust koomast vahel inimesed ärkavad, kuid vahel seda mitte. See sõltub ajukahjustuste suurusest.

Tavaliselt viiaksegi just inimese keha mahajahtumisega kunstlikku koomasse. Aju vajab oma kahjustuste paranemiseks rahu ja puhkust. Kuid enne keha mahajahutamist viiakse inimene narkoosi. Inimest on võimalik uinutada (viia sügavasse narkoosi) isofluraaniga, mida peab sissehingama. Siis inimene ei tunne külmavärinaid mahajahtumise ajal. Inimene jahtub seest poolt maha just tilguti abiga, mis sisaldab neljakraadilist soolvett. Enamasti saab inimene umbes poole tunni jooksul kaks liitrit soolvett. Kui süstida soolvett südamesse, siis südame töö seiskub. Väljaspoolt keha jahutatakse keha maha külmatekkidega, mis asetatakse ümber inimese keha. Külmatekid on umbes neljakraadilise temperatuuriga ja neid kasutatakse koos jääkottidega. Kehatemperatuuri mõõdetakse termomeetriga, mis asetseb inimese põies, aordis või söögitorus. 33-34 kraadise kehatemperatuuri korral võetakse jääkotid ära ja külmateki temperatuur jäetakse 33 kraadi peale. Kui inimese keha on mahajahutatud, siis soojendatakse see taas üles. See võib võtta aega umbes kuni kümme tundi. Selle aja jooksul tõstetakse külmateki temperatuuri 0,3 kraadi tunnis. Kehatemperatuuri 35 kraadi ületamisel suurendatakse narkoosi tugevust. Külmatekk eemaldatakse 36 kraadisel kehatemperatuuril. Protsess, mille jooksul aju tuleb narkoosi seisundist teadvusele, ei ole ühtlane ega sirgjooneline, vaid aju läbib erinevaid võimalikke aktiivsusolekute tasemeid.



Joonis Need ajuskanneeringud on tehtud koomast ärkamise eri etappidel. Isegi koomas olles toimub algeline ajutegevus. Võrreldes kooma seisundiga puudub ka vegetatiivses seisundis oleval inimesel teadvusseisund, kuid see-eest on ainevahetus stabiilne, aju ainevahetus on umbes pool tavatasemest, esineb madala tasemega aju aktiivsus, esinevad aju unerütmid jmt.

(Allikas, ajakiri: „Imeline Teadus“. Nr 9/2011, lk 5)

Inimese surmalähedased kogemused ehk SLK-d, mis sisaldavad endas ka reaalset kehast väljumist, esinevad ainult kliinilise surma või kooma seisundi eel. Kuid teaduslik statistika on näidanud, et tegelikult ainult teatud protsent kliinilise surma või kooma juhtumite korral on inimene

kehast väljunud. See tähendab seda, et mitte kõik inimesed, kes on mingil põhjusel sattunud kliinilisse surma või langenud koomasse, ei välju kohe automaatselt oma kehadest, vaid teatud osa nendest. See tähendab ka seda, et inimese kehast väljumine ehk väljade eraldumine närvisüsteemist küll toimub aju puhkepotentsiaali seisundi eel, kuid mingisugune tundmatu faktor on veel teadmata, millest sõltub see, et miks sellises seisundis vahel ilmnevad kehast väljumised ja vahel mitte. Mõlemal juhul on aju üldine elektriline seisund täpselt samasugune, kuid sellegipoolest ei ole 100 % kindlust veenmaks, et kui inimene viia aju puhkepotentsiaali seisundisse, siis toimub kohe automaatselt inimese kehast väljumine. Kahjuks see nii ei ole. Küll aga tõenäosus on palju kordi suurem, et inimene väljuks sellises olekus oma kehast. Sellises seisundis on selle tõenäosus lihtsalt väga suur, kuid sellegipoolest kindel olla ei saa.

Inimene on ainult siis surnud, kui teda ei saa enam ellu äratada. Kui aga inimest saab uuesti ellu äratada, siis pole inimene tegelikult surnud, vaid ta on „puhkepotentsiaali seisundis“. See on väga oluline vahe, mis määrab ära inimese surma definitsiooni: inimene on ainult siis surnud, kui teda pole võimalik enam elustada. Seni viibib inimene puhkepotentsiaali seisundis. Seda, et kas inimene on surnud või mitte, pole tegelikult üldsegi nii lihtne määratleda.

Kui kehast väljumine toimub inimese kliinilise surma eel, siis väga tõenäoliselt esineb seda ka bioloogilise surma eel. Kuid ainult kliinilise surma ajal on võimalik oma kehasse tagasi tulla, sest ainult siis on võimalik elustada inimese keha. Bioloogilisest surmast pole enam võimalik tagasi tulla, sest seda pole lihtsalt kordagi juhtunud. See tähendab, et bioloogilise surma korral on inimese keha juba niivõrd kahjustunud, et inimest pole võimalik enam ellu äratada.

2.2.23.1 Kunstlikult tekitatud kehast väljumine

Surmalähedaste kogemuste ja kehast väljumiste nähtuste statistika näitab, et need nähtused esinevad üldiselt siis, kui inimese süda on lakanud töötamast. Näiteks kooma ajal võib inimese süda edasi töötada. Sellisest asjaolust järeldub, et reaalse kehast väljumise korral peab inimese süda teatud ajaperioodiks lakkama. See määrab ära ka selle, et kuidas kunstlikult ehk tehniliselt tekitada inimese reaalne kehast väljumine.

Siinkohal tasub kindlasti märkida seda, et inimese südame seiskumise korral ei avaldu alati surmalähedased kogemused, vaid kõikidest südame seiskumise juhtumitest maailmas esinevad surmalähedased kogemused ainult pooltel juhtudest või isegi veelgi vähem. Selline asjaolu näitab seda, et inimese südame seiskumine ei garanteeri 100%-st kehast väljumise võimalust, küll aga näitab statistika, et kehast väljumine ilmneb siiski ainult südame seiskumise korral.

Inimese südameatakk on äärmiselt eluohtlik. Südameseiskumise korral ei pruugita inimest alati elustada. Inimese elustamine südame seiskumisest ei ole 100%-lt kindel meditsiiniline protseduur, mis tagaks alati inimese ellujäämise. Näiteks on olemas palju juhtumeid maailmas, mille korral ei olegi saadud inimest elustada. See tähendab seda, et inimese südame seiskumise korral on tema elustamise tõenäosus meditsiiniliselt tunnustatud elustamisprotseduuride korral pigem 50%, mitte aga 100% ehkki meditsiinilised elustamistehnikad on tänapäeval küllaltki arenenud ja usaldusväärsed. Mida kiiremini alustada elustamisprotseduuridega, seda suurem on tõenäosus inimest elustada. See tähendab aga südame seiskumise võimalikult väikest ajaperioodi.

> Siinkohal on huvitav märkida seda, et inimene võib kliiniliselt surnud olla umbes 5 minutit, kuid kehavälise oleku ajaperiood võib olla hoopis palju pikem, näiteks ühe tunni pikkune. Kuidas on see võimalik? Selline asjaolu võib avalduda sellepärast, et kuna inimene „väljub“ oma kehast hyperruumi ehk väljapoole aegruumi, milles ei eksisteeri enam aega ega ruumi, siis selline füüsikaline eksisteerimine võib

> põhjustada sellist aegruumilist nihet, mille korral võib inimene eksisteerida kehavälises olekus ajaliselt kauem kui seda on näiteks südame seiskumise ajaperiood reanimatsiooni palatis. Selline efekt sarnaneb füüsikas relatiivsusteoorias kirjeldatava aja dilatatsiooni nähtusega, mille korral kulgeb aeg erinevates taustsüsteemides erinevalt. Need kaks pealtnäha erinevat nähtust ongi tegelikult sügavamas mõttes omavahel seotud ehk need on ühe ja sama päritoluga füüsikalised nähtused.

Üks tehnilisi võimalusi, kuidas kunstlikult tekitada inimesel reaalne kehast väljumine, olekski see, et kui lasta seisatada mõneks lühikeseks ajaks inimese südame. Kui sellise tegevuse ajal on inimene tomograafis, siis on võimalik saada reaalajas kujutisi inimese aju hemodünaamikast. Südame seiskumiseks on vaja inimese allkirjastatud dokumentaalset nõusolekut. Südame seiskamine ja elustamine on küll äärmiselt riskantsed protseduurid, mis võivad lõppeda jäädava surmaga, kuid noore ja täiesti terve inimese peal ning väljaõppinud meeskonna juuresolukul on see siiski väiksema riski võimalusega. Seda peab teostama reanimeerimist õppinud inimeste järelvalve all. Elustamisvõtteid tuleb sooritada kindlas järjekorras. Kuid enne südame seiskumist peab inimese viima teadvusetule seisundile. Umbes 50 mg Propofoli manustamine teeb inimese kiiresti teadvusetuks. Seejärel jahutatakse inimese kehatemperatuur jahutustekiga umbes 30 kraadini. Kehatemperatuuri langemine põhjustab samuti teadvuse lakkamist. Näiteks umbes 34 kraadi juures on inimene teadvusetu. Pärast inimese viimist teadvusetusele seisundile peatataksegi lühikeseks ajaks näiteks defibrillaatoriga inimese südame tegevus.

> Defibrillaator on elektrooniline meditsiiniseade, mis diagnoosib automaatselt eluohtlikud südame rütmihäired. Näiteks defibrillaator suudab ravida inimese ventrikulaarset fibrillatsiooni (VF) ja pulsatsioonita ventrikulaarset tahhükardiat defibrillatsiooni abil. See tähendab seda, et defibrillaator peatab inimese südame rütmihäire elektriga. Selline meetod võimaldab südamel taastada efektiivne ja normaalne rütm.

Südame seiskumise korral lakkab inimese kognitiivne tegevus, hingamine ja pulss. Südameseiskumise eel või kehatemperatuuri langemise korral võib inimese kogu keha hakata värisema või tõmblema. Ei tasu ära ehmatada, kuna see on lihtsalt keha enesealalhoiuinstinkt.

Elustamisprotseduur peaks algama umbes 1 - 5 minutit pärast südame seiskumist, lülitades sisse soojendusteki. Umbes 33 kraadi juures alustatakse kunstlikku hingamist (tuleb anda hapnikku). Käepärast peaks olema ka epinefriin ja defibrillaator.

> Epinefriin ehk adrenaliin on neurohormoon ja virgatsaine, mis kuulub katehhoolamiinide hulka. Selle keemiline valem on $C_9H_{13}NO_3$. Adrenaliin eritub koos noradrenaliiniga stressiolukorras. Adrenaliin on sümpatomimeetiline monoamiin ja seda toodab suprarenaalnääre ehk neerupealised. Adrenaliin aktiveerib adrenoretseptoreid, mida tähistatakse tähtedega α ja β. Näiteks kui adrenaliini manustatakse inimese vereringesse, siis mõjub see mitmetele adrenergilistele retseptoritele. See põhjustab näiteks südamerütmi ja löögi mahu kiirendamist, silmade pupillide laienemist ning arterioolide ahenemist nahas ja maos, suurendades neid lihastes. Adrenaliin suurendab maksas glükogeeni hüdrolüüsi glükoosiks, mis põhjustab veresuhkru taseme suurenemist. Adrenaliin nõrgendab inimese immuunsüsteemi. Inimese neerupealiste säsis sünteesitakse noradrenaliini. Selle vereringesse vabanenuna on see hormoon.

> > Siinkohal on huvitav märkida seda, et epinefriini ja Benadry vahel puudub ristreaktsioon. Kui aga inimese organismis on nende ainete manustamise ajal Metoprololi, siis sellisel juhul võib inimene surnuks lämbuda.

Õigel ajal elustamise korral ei saa inimene ajukahjustust, kuna ajurakud saavad olla ilma hapnikuta

vähemalt 4 – 5 minutit. Elustamise korral laetakse defibrillaator umbes 200-ni. Enne seda soojeneb tekk. Selle käigus võidakse tilgutiga manustada (ehk infusiooni teel saada) teatud kindel ampull epinefriini ja naatriumbikarbonaati.

Infusioon on vedeliku rohke manustamine otse veenidesse.

Kui epinefriini ei ole käepärast võtta, siis võib selle asemel kasutada ka amiodarooni. Amiodaroon on arütmiavastane ravim, mida kasutatakse mitmete südame rütmihäirete raviks ja ennetamiseks. See hõlmab ventrikulaarset tahhükardiat, ventrikulaarset virvendusarütmiat ja laia kompleksset tahhükardiat, samuti kodade virvendusarütmiat ja paroksüsmaalset supraventrikulaarset tahhükardiat.

Naatriumbikarbonaat ehk naatriumvesinikkarbonaat on tavaline söögisooda keemilise valemiga $NaHCO_3$. Selle keemilise ühendiga ei tohi segi ajada soodaga ehk pesusoodaga, milleks on naatriumkarbonaat keemilise valemiga Na_2CO_3. Kaustiline sooda on naatriumhüdroksiid keemilise valemiga NaOH.

Kogu elustamise ajal võidakse sooritada südame massaaži. Inimese kehatemperatuur ei tohi tõusta liiga kõrgele. Vastasel juhul peab kasutama jahutustekki, mitte enam soojendustekki. Defibrillaatorit võib elustamise korral laadida koguni 360-ni. Näiteks kui südamerütm on käes, isegi nõrk südamerütm, siis võib anda inimesele maksimumlaengu. Epinefriini on vaja rohkesti. Kui aga tekib inimesel hüpoksia, siis on vaja inimest intubeerida. Sellisel juhul kasutatakse hingamiskotti.

Hüpoksia ehk hapnikuvaegus on kogu organismi või üksikute elundite/kudede hapnikuvaegus pro- või eukarüootsetes organismides. Hapnikuvaegus võib põhjustada meditsiiniliselt väga tõsiseid haiguslikke seisundeid, mis põhjustavad inimestel mitmeid kroonilisi, patoloogilisi seisundeid, nekroosi (s.t. koekärbust) või isegi surma. Peaaju anoksiat (kudede hapnikuvaegust) nimetatakse meditsiinis tserebraalseks hüpoksiaks.

Südameinfarkti ajal või vahetult pärast seda võib esineda vatsakeste virvendus, mille korral saadab süda, mis on jäänud verevaegusesse, vatsakestesse koordineerimatuid ja ülikiiresid elektrilisi impulsse. Sellist südame rütmihäiret nimetatakse vatsakeste virvenduseks ehk ventrikulaarseks fibrillatsiooniks (lühidalt VF-iks), mille korral värisevad südamevatsakesed korrapäraselt kokkutõmbumise asemel, milletõttu ei saa süda verd edasi pumbata.

Kui aga südame kodade ja vatsakeste bioelektriline aktiivsus üldse puudub või esineb kodade rütm vatsakeste seiskumisega, siis sellist vereringeseiskuse vormi nimetatakse asüstooliaks.

Intubeerima ehk intubatsioon tähendab seda, et inimesele paigaldatakse hingamise tagamiseks plastiktoru hingetorusse.

Pärast inimese toibumist südame seiskumisest võib inimese kehatemperatuur olla madal ja pulss kõrge.

2.2.23.1.1 Inimese kliinilisest surmast taaselustamine

2.2.23.1.1.1 Sissejuhatus

Kui katkestada ajutiselt inimese südame töö, siis tekib inimesel ajutiselt kliiniline ehk meditsiiniline surm. Sellisel juhul peab võimalikult kiiresti alustama elustamisprotseduuridega, millel on oma kindel struktuur ja ajaline järjekord. Seejuures ei ole vahet, et kas inimene on langenud kliinilisse surma haiguse tõttu, loomuomaselt või teadlikult (s.t. eesmärgipäraselt), kuna elustamise iseloom ja kulg on kõikidel juhtudel suures mastaabis ikkagi üks ja sama. Elustamist peavad läbi tegema selleks spetsiaalselt välja õppinud inimesed. Järgnevalt näitamegi inimese elustamise protseduuri ehitust ja ajalist järjekorda rahvusvaheliselt tunnustatud ravijuhiste järgi, mida praktiseeritakse näiteks erinevates Euroopa Liidu maades ja ka Ameerika Ühendriikides.

2.2.23.1.1.2 Elustamise ravijuhised

Inimese äkksurma põhjustavad väljaspool haiglat peamiselt pärgarterite ateroskleroos ja sellest tulenevad igasugused tühistused (näiteks eluohtlikud südamerütmihäired). Lastel ja noorematel inimestel põhjustab selline trauma enamasti surma. Selleks, et inimene jääks haiglaeelse äkksurma korral ellu, sõltub järgmiselt:

1. Inimese kliinilise surma tuvastamise aeg.
2. Elustamisvõtete teostamine kliiniliselt surnud inimese peal. Näiteks kui teha esmased elustamisvõtted esimestel minutitel, siis see suurendab inimese ellujäämist 2 – 3 korda.
3. Meditsiiniabi ehk kiirabibrigaadi saabumise kiirus. Inimese haiglaeelse äkksurmale reageerib enamasti haiglaeelne erakorraline meditsiini süsteem. Reageerimise ajaperioodi (call-response interval) tõlgendatakse kutse saamisest häirekeskuses kuni kiirabiauto peatumiseni sündmuskohal.
4. Inimese esmane vereringeseiskuse vorm ja defibrileerimise aeg VF või VT korral.

Inimese kliiniline surm võib kesta tavaliselt 3 – 5 minutit, kuid sellele eelnev hüpotermia võib seda aega pikendada. Kiire diagnostika ja adekvaatse tegevuse korral ei ole patsiendi seisund täiesti lootusetu. Näiteks kui inimesel tekib haiglaeelne äkksurm ja teostatakse esimese minuti jooksul esmased elustamisvõtted ning pärast seda spetsiaalsed ravivõtted, siis võib see suurendada inimese ellujäämise tõenäosust kuni 60%. Väga oluline on see, et suudetakse kiiresti taastada südame rütmi normaalne kulgemine ja kiiresti taastada ning säilitada normaalne peaaju perfusioon. Inimene kaotab teadvuse vereringeseiskumise tekkimise korral umbes 10 – 15 sekundi pärast. Kukkumisel jääb inimese keha asend passiivseks. Võib esineda müdriaas, mille korral laienevad inimese pupillid ühe minuti jooksul, või fosfororgaaniliste ainete, opiaatide mürgistus, mille korral jäävad pupillid hoopis kitsaks. Tekib arefleksia, kuid säilinud võivad veel olla kõrirefleksid ja seda ühe minuti jooksul. Kõrirefleksid võivad ilmneda trahhea intubatsioonil.

Patsient, kes on sattunud kliinilisse surma, muutub nahavärvus üsna kiiresti. Näiteks tekib tsüanoos, kuid suure verekaotuse tõttu võib tekkida kahvatus. Agonaalne hingamine ehk ebaefektiivne hingamine esineb esmase vereringeseiskuse korral, kuid hingamine lakkab ehk esineb apnoe umbes ühe minuti jooksul pärast esmase vereringeseiskumist.

Pulss muutub mittepalpeeritavaks (katsuda magistraalarteritel: a. carotis, a. femoralis, väikestel lastel a. brachialis, a. femoralis).

Meditsiinis on üldtunnustatud tõsiasi, et inimese kliinilise surma tuvastamise korral ei tohi esmane vaatlus ületada 10 – 15 sekundit.

Katkestamata kvaliteetsed esmaabivõtted ja varajane defibrillatsioon on otseselt seotud inimese ellujäämisega kliinilisest surmast. See on tõestatud fakt.

Elustaja tegevus sõltub suurel määral eeldatavast kliinilise surma põhjusest ja vereringeseiskuse ajast.

Eeldatav kardiaalne äkksurm võib tekkida mõne tunnistaja juuresolekul. Sellisel juhul tuleb hakata teostama kaudset südamemassaaži (30 rindkere kompressiooni). Seejärel tuleb teha kaks kunstlikku sissehingamist (CAB-tegevus). Kui tegemist on aga esmase hingamisseiskumisega (näiteks lämbumisega) või vereringeseiskumisega, mis on kestnud üle viie minuti, siis sellisel juhul alustatakse kunstlikku kopsude ventilatsiooniga (2 sissehingamist). Sellele järgneb südamemassaž (30 rindkere kompressiooni). ABC-tegevus seisneb järgnevas:

A (airway). Hingamisteede avamine:

1. Tuleb hinnata teadvust. Kui see puudub, siis tuleb teha järgmist:
2. Tuleb kutsuda abi haige juurest lahkumata;
3. Haige tuleb asetada selili kõvale alusele;
4. Tuleb avada ülemised hingamisteed. Väikeste laste ja kaelatrauma kahtlusega inimeste korral on pea liigne painutamine kuklasse ohtlik.

B (breathing). Kunstlik hingamine:

1. Tuleb hinnata hingamist, näiteks õhu liikumise vaatamise, kuulamise ja tunnetamise kaudu. Kui see puudub, siis tuleb teha järgmist:
2. Tuleb kaks korda puhuda õhku kopsudesse umbes ühe sekundi jooksul, samal ajal jälgides rindkere liikuvust.

C (circulation). Kaudne südamemassaaž:

1. Tuleb hinnata pulssi, mille korral tuleb katsuda une või reiearterit kuni 10 sekundi jooksul. Selle puudumise korral tuleb tegutseda järgmiselt:
2. Tuleb alustada kaudse südamemassaažiga, mille sagedus peab olema 100 kompressiooni minutis. Kusjuures rindkere kompressiooni ja dekompressiooni kestvus peab olema võrdne ehk 50:50 ning südamemassaaži ja kunstliku hingamise vahekord peab olema 30:2 (välja arvatud vastsündinul).

Kunstlikku hingamist ja kaudset südamemassaaži teostatakse 4 – 12 aastastele lastele vahekorras 2:15 ja vanematele inimestele vahekorras 2:30. Seda juhul, kui elustamist viib läbi kaks inimest. Sellega tuleb alustada hiljemalt 10 – 15 sekundit pärast hingamis- ja vereringeseiskumist. Kaudse südamemassaaži tegemisel võivate pauside tekkimisel kehtib samasugune ajaline limiit. Kui on võimalik, siis tuleb vahetada kaudse südamemassaaži läbi viijat iga kahe minuti tagant.

Selleks, et kaitsta ülemisi hingamisteid, tehakse kunstlikku hingamist sagedusega 8 – 10 korda minutis ning rindkere kompressioone vahepausideta. Ei soovitata hüperventilatsiooni. Võidakse kasutada endotrahheaalset intubatsiooni või larüngeaalset maski (combitube). Endotrahheaalse intubatsiooni korral tehakse südamemassaaži ka larüngoskopeerimise ajal. Selline protseduur ei tohi kesta kauem kui 30 sekundit. Selle protseduuri ebaõnnestumise korral tuleb jätkata ventilatsiooni Ambu koti ja maski abil. Hapniku pealevool peab olema vähemalt 10 – 12 liitrit minutis ja Ambu kott peab olema varustatud hapniku reservuaariga.

Sellised südame VF juhtumid, mille korral eelneb sellele VT, esineb umbes 60 – 70% kõikidest südame VF juhtumitest. See tähendab, et see on üks kõige sagedasemaid mittetraumaatilise vereringeseiskuse vorme. VT võib kesta lühikest aega ja jääb sageli diagnoosimata. Inimese ellujäämise tõenäosus võib suureneda kuni 75% südame VF-i ja varajase defibrillatsiooni korral, see tähendab kollapsi hetkest esimese 3 – 5 minuti jooksul. Veelgi parem oleks sünkroniseeritud elektrilöök ehk kardioversioon VT korral. Löögi sattumisel T-saki tõusvale osale võib põhjustada vatsakeste fibrillatsiooni, kuid selle ära hoidmiseks tuleb kasutada elektrilöögi sünkronisatsiooni QRS-sakiga. Vereringeseiskusele eelnenud supraventrikulaarset tahhüarütmiat on esinenud umbes 5%-l haigetest. Selle kollapsiga oleks kardioversioon olnud samuti üsna mõjuv.

Enne defibrillatsiooni võib südamerütmi taastamiseks kasutada prekordiaalset lööki. Sellist väga kiiret võtet tasub kasutada hingamise säilimise ja mittepalpeeritava pulsi korral esimese 10 sekundi jooksul. Võtet kasutatakse jälgitud südamerütmi ja vereringe seiskumise (VT/VF) korral vahetult enne defibrilleerimist. Võtet kasutataksegi ainult siis, kui defibrilleerimist ei ole kohe võimalik teha. Pulsita VT korral võib prekordiaalsete löökide efektiivsus olla kuni 10 – 25%. Enne elektrilist kardiostimulatsiooni võivad korduvad prekordiaalsed löögid (fist pacing), mis avalduvad Adams-Stokes-Morgan'i hoogude ajal, säilitada inimese südamerütmi ja vereringet.

Varajast defibrillatsiooni võib kasutada VF või pulsita VT korral, kuid sellele peab eelnema südamemassaaž ja kopsude kunstlik ventilatsioon kuni kahe minuti jooksul (umbes viis tsüklit vahekorras 30:2) ja sedagi juhul, kui vereringeseiskus on kestnud vähemalt viis minutit. Monofaasilise defibrillaatoriga tekitatakse inimesele üks elektriline šokk koguvõimsusega 360 J. Sõltumata olemasolevast südamerütmist peab sellele järgnema kahe minuti pikkune südamemassaaž. Bifaasilise defibrillaatoriga tekitatud ühe elektrilise šoki koguvõimsus oleks umbes 150 – 200 J, kuid siinkohal peab järgima defibrillaatori tootja soovitusi. Kui soovitusi ei ole, siis võib ühe elektrilise šoki võimsus olla 200 J. Kui VF on püsiv ja suurelaineline, siis tehakse bifaasilise defibrillaatoriga veel üks šokk, mille võimsus on eelmisega võrreldes samasugune või suuremgi. Sellele peab samuti järgnema kahe minuti pikkune südamemassaaž ja kunstlik kopsude ventilatsioon.

Kui teostada kaudset südamemassaaži õigesti, siis see annab tegelikult ainult 20 – 30% normaalsest südame minutimahust. See ei taga piisavat verevoolu inimese peaajus, milles veri šunteerub põhiliselt a. carotis externa kaudu, ja pärgarterites, milles esineb madal diastoolne rõhk. See tähendab seda, et tuleb kasutada lisaks ka medikamentoosset ravi. Sellisel juhul manustatakse ravimeid enamasti intravenoosselt, mille korral kasutatakse suure läbimõõduga plastmasskanüüle (G16 – G14). Kuna inimese elustamise kiirus määrab väga suurt rolli, siis sellisel juhul ei jälgita veeni kanüleerimisel rangeid steriilsuse nõudeid. Kuid sellised kanüülid eemaldatakse, kui patsiendi seisund stabiliseerub. Pärast selliste kanüülide eemaldamist luuakse tsentraalne veenitee juba steriilsetes tingimustes.

Kuna ravimeid peab süstima südame lähedale, siis seega kõige rohkem süstitakse ülajäsemete veenidesse. Pärast süstimist soovitatakse boolusena infundeerida vähemalt 20 ml vedelikku ja vastav jäse 10 – 20 sekundiks üles tõsta ravimi kiiremaks jõudmiseks tsentraalsesse tsirkulatsiooni. v. jugularis externa piirkonda kanüleeritakse ainult siis, kui ülajäsemete nahaalused veenid ei ole kättesaadavad. Kanüüli on soovitatav võimalikult hästi fikseerida. Piirkondi nagu v. jugularis interna ja v. subclavia on kaudse südamemassaaži tegemisel kanüleerida keerulisem. Eelistatum oleks v. jugularis interna piirkonna kanüleerimine. Kui kanüleerida reieveeni, siis on soovitatud kasutada pikemat sondi, mille ots ulatub diafragmast kõrgemale. Seda sellepärast, et allpool diafragmat võib verevool olla aeglane ja peale selle võivad alajäsemete veenid olla tromboseerunud.

Intraossaalse ravimi manustamist teostatakse ainult siis, kui puudub veenitee võimalus. Peale laste võib see olla efektiivne ka täiskasvanutel. Kui aga puudub veenitee või intraossaalse tee võimalus, siis tuleb trahhea intubeerimise järel manustada teatud ravimeid intratrahheaalselt. Nendeks ravimiteks on näiteks adrenaliin, atropiin, lidokaiin, naloksoon ja vasopressiin. Selleks suurendatakse standardiseeritud ravimiannuseid vähemalt kolm korda ja lahjendatakse 0,9% NaCl-lahusega, kuid kogulahus ei tohi ületada 10 ml kogust. See võimaldab toimeaine parema ja kiirema jõudmise bronhidesse ning sealt resorptsiooni. Soovitatakse manustada 3 mg adrenaliini, mis oleks omakorda lahjendatud 10 ml steriilse veega. Steriilne vesi võib kiirendada ravimi absorbtsiooni.

Siinkohal peab märkima seda, et ravimi intrakardiaalset manustamist kasutatakse eelkõige lahtise südamemassaaži korral, kui muid võimalusi ei ole. See tähendab suhteliselt harva. Südant punkteeritakse pika nõelaga paraksifoidselt vasema õlaliigese suunas. Sellise tegevuse tagajärjeks võivad tekkida tüsistused nagu näiteks kopsuvigastus, õhkrind, südametamponaad, pärgarterite vigastus ja südamelihase kahjustus. Kui manustatakse ravimeid, siis ei tohi südamemassaaži katkestada.

Kui VF ei taha mööduda, siis manustatakse kahe elektrišoki järel adrenaliini standardses koguses 1 mg i/v ja kui vaja, siis korratakse seda iga 3 – 5 minuti tagant. Adrenaliinil on α-adrenergiline toime, milletõttu suurendab adrenaliin takistust ekstrakraniaalses arteriaalses süsteemis ja suurendab

diastoolset rõhku aordis, mis parandab ajus ja pärgarterites kulgevat verevoolu. Müokardi bioelektriline aktiivsus ja kontraktsioonivõime samal ajal suureneb ja seda β_1-adrenoretseptorite stimulatsiooni kaudu. Elektrilist šokki kasutatakse iga adrenaliinibooluse järel. Vasopressiini, koguses 40 ü, võib üks kord manustada esimese ja teise adrenaliinidoosi asemel. See toimib mitte adrenergilise perifeerse vasokonstriktorina ja seda kasutatakse peamiselt siis, kui esines pikk vereringeseiskuse aeg ja adrenergiliste pressorite toimimist võis vähendada atsidoos.

Kui kõrgelaineline VF või pulsita kulgev VT, mis ei allu elektrišokkravile, on püsiv, siis sellisel juhul tuleb kasutada antiarütmikume. Näiteks kasutatakse amiodarooni ja seda koguses 300 mg boolusena i/v. Kui VF/VT on refraktaarne, siis manustatakse seda täiendavalt 150 mg ja pärast seda 24 tunni jooksul infusioonina 900 mg. Kui aga amiodarooni ei ole käepärast kusagilt võtta, siis võib selle asemel manustada lidokaiini koguses 1 – 1,5 mg/kg i/v, mida tuleb korrata umbes kolme minuti pärast. See teeb kokku umbes 3 mg/kg lidokaiini. Kindlasti ei soovitata erinevate antiarütmikumide omavahelist kombineerimist.

Kui inimesel esineb torsade de pointes rütm ja VF, mis ei allu ravile, siis tuleb kasutada magneesiumsulfaati koguses 1 – 2 g i/v ja seda tuleb manustada 1 – 2 minuti jooksul. Ravile allumatu VF on tingitud üsna sageli just hüpomagneseemiast. Iga kord pärast ravimi manustamist tuleb kasutada elektrišokki.

AS ja EMD korral (sagedusega < 60 korda minutis) kasutatakse atropiini koguses 3 mg boolusena.

Sellise bradükardia korral, mis on asüstoolia ja atropiini suhtes resistentne, võib anda efekti aminofülliini kronotroopne ja inotroopne toime koguses 250 – 500 mg (5 mg/kg). Kui EMD-d põhjustab hüperkaleemia, hüpokaltseemia või kaltsiumi antagonistide üledoos, siis tuleb kasutada kaltsiumkloriidi koguses 10 ml 10% lahust.

Kuna atsidoos on alguses parandatav/juhitav kopsude kunstliku ventilatsiooniga, siis seega ei ole naatriumbikarbonaadi kasutamine lubatud elustamise esimeste minutite jooksul. Kuid seda välja arvatud juhtudel, mille korral esineb patsientidel hüperkaleemia, raske metaboolne atsidoos või mürgistus tritsüklilistest antidepressantidest. Naatriumbikarbonaadi kasutamine on ohtlik püsiva hüpoksilise laktatsidoosi korral ja seda sellepärast, et alkaloos halvendab oksühemoglobiini dissotsiatsiooni ning soodustab hüpoksiat, VT ja VF tekkimist. Kui inimese vereringeseiskumise aeg ületab 20 – 25 minutit, siis tuleb kaaluda naatriumbikarbonaadi lahuse infusiooni kasutamist koguses 50 mmoli (50 ml 8,4% lahust). Siinkohal tuleb märkida seda, et lahusega ei tohi seguneda katehhoolamiinid, kuna need inaktiveeruvad leeliselises keskkonnas.

Seda, et kui efektiivne on kaudne südamemassaaž, hinnatakse näiteks südamemassaaži kompressioonide (pulsi) palpeerimisel suurtel arteritel. Samal ajal jälgitakse nahavärvust, silmade pupillide laiust ja südame bioelektrilist aktiivsust kardiomonitoril. Pulss, mis on tekitatud kaudse südamemassaaži tulemusena, ei näita adekvaatselt koronaarset perfusiooni. Peale selle võib retrograadne venoosne ülekanne (alajäsemete veenides puuduvad klapid) simuleerida reiearteri pulsatsiooni. Kaudset südamemassaaži katkestatakse näiteks südamerütmi hindamiseks, defibrilleerimiseks või kaudse südamemassaaži tegijate vahetamiseks, kuid katkestada tuleb nii vähe kui võimalik ja kui katkestataksegi, siis mitte rohkem kui 10-ks sekundiks.

Pulssi palpeeritakse magistraalarteril siis kui tekivad normaalsed EKG-kompleksid. Arteriaalset vererõhku mõõdetakse taastunud spontaanse vereringe korral. Kui aga hemodünaamika on ebastabiilne, siis tuleb tegutseda lähtuvalt vereringeseiskumise oletatavatest põhjustest ja olemasolevast südamerütmist. Hüpotensiooni võib põhjustada südamerütmihäired, mille korral on pulsisagedus liiga kiire või liiga aeglane. Hüpotensiooni võib põhjustada ka südame pumbafunktsiooni puudulikkus, mille võib tekitada ravimite negatiivne inotroopne toime või erinevad südamehaigused. Vasodilatatsioonist tingitud absoluutne või suhteline hüpovoleemia võib samuti põhjustada hüpotensiooni.

Südamerütmi häired klassifitseeritakse vastavalt selle järgi, millist erakorralist meditsiinilist abi vajatakse. Nende ravimisel tuleb järgida vastavaid ravijuhiseid.

Kui inimese vereringe on taastunud, siis on väga oluline selle järgne südame kokkutõmbe-sagedus. Näiteks tahhükardia korral, mille korral lööb süda rohkem kui 100 lööki minutis, on ellu jäänud 40% patsientidest. Kuid bradükardia korral on ellu jäänud vaid 5% patsientidest. Inimese

organismi kompensatoorsed reaktsioonid ja tegelikult ka manustatud adrenaliin tingivad kiiret südamerütmi. Sellisel juhul võib antiarütmikumide kasutamine olukorda halvendada. Südamerütmihäired, millega esinevad vereringeseiskuse või kardiogeense šoki nähud, on kindlasti eluohtlikud. Sellised ja potentsiaalselt eluohtlikud südamerütmihäired peavad olema diagnoositud hiljemalt 15 sekundi jooksul ja kõrvaldatud. Nende ravimisel kasutatakse sageli defibrillatsiooni, kardioversiooni või kardiostimulatsiooni.

Kui spontaanne vereringe on taastunud, siis soovitatavalt säilitatakse esimese viie minuti jooksul hüpertensiooni, mis oleks piisavalt mõõdukas. Pärast seda normotensiooni või hüpertensiooni, mis oleks suhteliselt kerge.

Hüpovoleemiat ravitakse infusioonraviga, mille korral kasutatakse isotoonilist soolalahust või kolloidlahuseid. Südame pumbafunktsiooni ja veresoonkonna toonust mõjutatakse perfuusori abil manustavate vasoaktiivsete ravimitega, milleks võivad olla näiteks dopamiin, noradrenaliin, dobutamiin või nitroglütseriin. Dopamiini kogused, mis suurendavad südame minutimahtu ja tõstavad arteriaalset vererõhku, on tavaliselt 2 – 20 μg/kg/min. Sellest suuremad kogused (üle 10 – 20 μg/kg/min) võivad põhjustada süsteemset vasokonstriktsiooni ja vistseraalse perfusiooni halvenemist. Ka dopamiin ise võib põhjustada erinevaid südamerütmihäireid nagu näiteks tahhükardiat või ekstrasüstooliat.

Vasokonstriktsiooni põhjustab ka noradrenaliin. Sõltuvalt vaskulaarsest resistentsusest ja vasema vatsakese funktsionaalsest seisundist langetab või tõstab noradrenaliin ka südame minutimahtu. Noradrenaliini manustatakse alguses 0,5 – 1 μg/min tiitrides seda efekti saavutamiseni. Dobutamiini toime on positiivselt inotroopne, kuid samas võib tekitada hüpotensiooni. Dobutamiini kogused on tavaliselt 2 – 20 μg/kg/min. Nitroglütseriini koguses 10 – 20 μg/min kasutatakse siis, kui tuleb vähendada venoosset paisu ja müokardiisheemiat, mis esinevad suurenenud diastoolse vererõhu korral (üle 100 mm Hg). Kui nitroglütseriini kogused on väiksemad (30 – 40 μg/min), siis see võib põhjustada venodilatatsiooni. Kui aga kogused on suuremad ($\geq$ 150 μg/min), siis see võib põhjustada arteriaalset dilatatsiooni.

Kui kohe pärast vereringe taastamist tekib spontaanne hingamine, siis see võib tähendada head ellujäämise võimalust. Suurem osa sellistest patsientidest vajab jätkuvalt kunstlikku hingamist. Ohtlikuks võib osutuda hüperventilatsioon (hüpokapnia), kuid mitte peaaju pitsumise ohu korral. Kui esineb motoorset rahutust, siis tuleb kasutada diazepaami (5 – 10 mg i/v), etomidaati (0,2 – 0,3 mg/kg), äärmiselt lühitoimelisi barbituraate (tiopentaalnaatriumi 2 – 5 mg/kg i/v) ja gammaoksüvõihapet (4 – 6 g i/v). Kontrollida tuleb glükoosisisaldust veres ja kehatemperatuuri. Kui patsiendil tekib hüpotermia, siis tuleb patsienti jahutada ja kasutada antipüreetikume. Vereringe taastumisel on kasutatud terapeutilist hüpotermiat kestvusega 12 – 24 tundi kraadidega 32 – 34 ^{0}C. See on suurendanud patsientide arvu, kes on jäänud ellu.

BLS- (ABC-) tegevust tuleb elustamiskatse korral jätkata järgmiste tuvastavate asjaoludeni:

1. Efektiivne vereringe ja hingamine on silmnähtavalt taastatud. Kui aga teadvus puudub taastunud normaalse hingamise korral, siis tuleb patsient asetada püsivasse küliliasendisse.

2. Väljaõpetatud inimesed võtavad patsiendi üle, kes jätkavad BLS-tegevust. Kuid seejuures ei tohi katkestada elustamisvõtteid.

3. Patsiendi võtab üle kiirabibrigaad, kes kasutab ACLS-võtteid, määrab elustamisvõtete efektiivsuse ja prognoosib inimese elustamise tulevast käekäiku ning teeb selletõttu vajalikke otsuseid.

4. Abiandja ehk päästja võib oma tegevuse katkestada väsimuse tõttu või abiandjate elu ohustab mingil määral ümbritsev keskkond.

Üle 30 minuti kestva BLS-tegevuse efektiivsuse üle käivad praegusel ajal suured diskussioonid. Kuid erandjuhtudeks peetakse hüpotermiat, elektritraumat ja barbituraatide mürgistust.

Ebaefektiivset elustamist võib haiglaeelsel etapil lõpetada. Kuid seda ainult juhul, kui korraldati

adekvaatne ACLS-tegevus, mille korral kasutati elektrišokki VF/VT esinemise korral vastavalt ACLS-nõuetele, trahhea intubatsiooni, alternatiivseid meetodeid, veenitee rajamist või ravimite manustamist. Lõpetamise põhjuseks võib olla ka asüstoolia (madalalainelise VF-i), agonaalse rütmi või surma tagasipöördumatute põhjuste esinemised.

Elustamisvõtete efektiivsust mõjutavad kindlasti patsiendi vanus ja elustamise kestus, kuid sellegipoolest ei ole need täpsed prognostilised näitajad.

2.2.23.1.1.3 Kasutatavad mõisted

Kui suhteliselt hea tervisliku seisundiga inimesel hakkavad esinema järsku väga ägedad kardinaalsed sümptomid (näiteks valu rinnus, õhupuudus, minestus jne) ja selletõttu ootamatult sureb, siis on tegemist kardinaalse äkksurmaga. Need sümptomid võivad olla kestnud esimese 24 tunni jooksul.

Väljaspool haiglat tekkinud äkksurmaks nimetatakse haiglaväliseks äkksurmaks.

Esmase vereringeseiskumise tagajärjel (näiteks mõnest südamehaigusest) tekkinud äkksurmaks nimetatakse esmaseks vereringeseiskumiseks. Kuid esmase hingamisseiskumise tagajärjel (näiteks lämbumisest) tekkinud äkksurmaks nimetatakse esmaseks hingamisseiskumiseks.

Ventrikulaarse rütmi all mõistetakse ventrikulaarset tahhükardiat (VT). Pulsi korral on inimese vereringe säilinud, kuid pulsita korral on inimese vereringe seiskunud. Ventrikulaarne tahhükardia vahelduva amplituudi korral (torsade de pointes) võib kulgeda pulsiga ja pulsita.

Inimese vereringeseiskuse üks vorme on vatsakeste fibrillatsioon ehk lühidalt VF. Sellisel juhul esinevad erineva amplituudiga vatsakeste ostsillatsioonid sagedusega 400 – 600 korda minutis. Vatsakeste fibrillatsioon võib olla kõrgelaineline või madalalaineline.

Inimese vereringeseiskumise üks vorme on ka asüstoolia ehk lühidalt AS. Sellisel juhul puudub kodade ja vatsakeste bioelektriline aktiivsus või vatsakeste seiskumisega esineb kodade rütm.

Inimese vereringeseiskuse üks vorme on ka elektromehaaniline dissotsiatsioon (EMD) ehk ebaefektiivne süstol. Sellisel juhul säilib müokardi bioelektriline aktiivsus. Need võivad esineda igasuguse kujuga (näiteks ka normaalse EKG-kompleksidena).

Esmaste elustamisvõtete all mõeldakse kõige esmast tegevust inimese elu säilitamisel. Inglise keeles nimetatakse seda „basic life support“ ehk BLS. See koosneb ABC – võtetest: A (airway) – hingamisteede avamine, B (breathing) – kunstlik hingamine ja C (circulation) – kaudne südamemassaaž.

Inimese taaselustamist laiemas mõistes märgitakse CPR-na, mis tähendab inglise keeles „cardiopulmonary resuscitation“.

ACLS-i (advanced cardiac life support) all mõeldakse spetsiaalseid elustamisvõtteid. Nendeks on näiteks inimese kopsude kunstlik ventilatsioon hapnikuga Ambu koti ja maski abil, endotrahheaalne intubatsioon, defibrillatsioon, kardioversioon, kardiostimulatsioon, veenitee rajamine, ravimite manustamine jne.

Inimese taaselustamise ravijuhised (s.t. tegevused taaselustamiseks) on üsna hästi rahvusvaheliselt standardiseeritud. Seda soovitab näiteks Euroopa Elustamisalane Nõukogu ja ka Ameerika Südameaaotsitsioon 2005. aastal. Inimese taaselustamise ravijuhised lihtsustavad selle tegevust ja seavad eesmärgiks südamemassaaži minimaalse katkestamise.

2.2.23.1.1.4 Kasutatud kirjandus

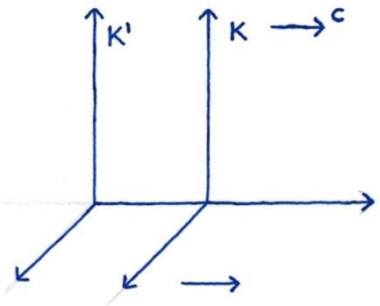
1. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2005. Resuscitation (2005)67S1, S3 – S189.

2. 2005 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. Circulation(suppl), Vol 112, nr 24, 13. detsember 2005.

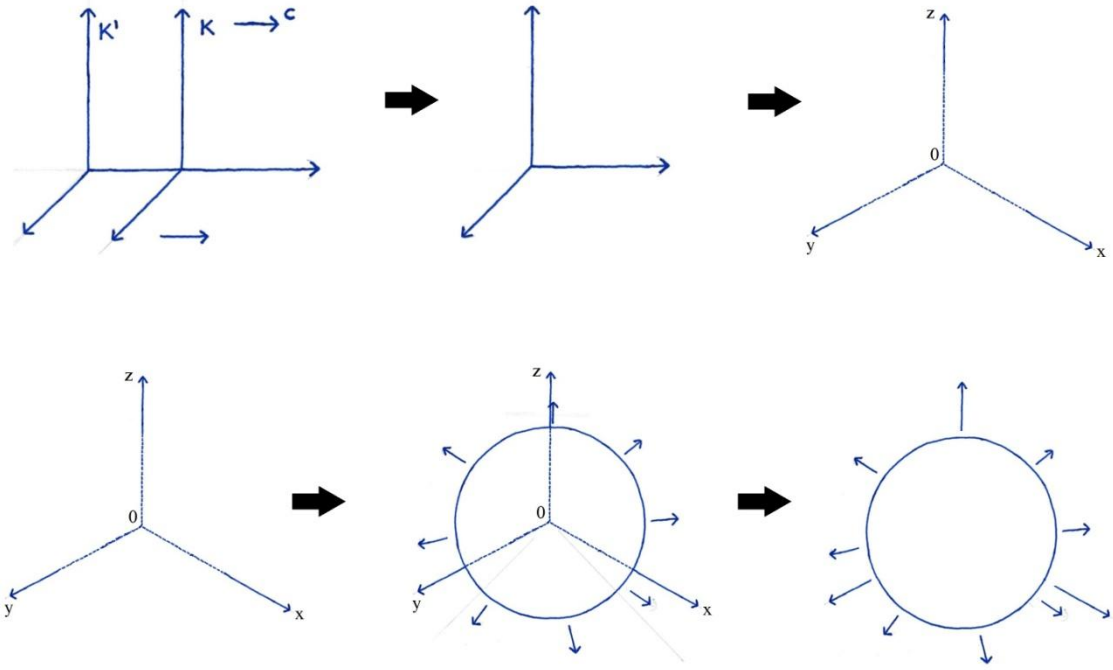
2.2.24 Inimese kehast väljumise visualisatsioon

Selles peatükis näitame seda, et kuidas visualiseerida kehast väljunud inimest, valgusolendit, inimese aju ja neuroneid, aegruumi ja hyperruumi koordinaate ning aegruumi tunnelid. See tähendab seda, et käesolevas peatükis keskendutakse eelkõige eespool esitatud oluliste punktide visualiseerimisele. See on tegelikult samuti oluline, kuna näitab seda, et kuidas inimese kehast väljumine ja sellega seonduv visuaalselt välja näeb. Järgnevalt on esitatud palju kujutisi inimese kehast väljumise füüsikateooria olulisemate punktide kohta. Kujutised on esitatud võimalikult realistlikult, olles kooskõlas surmalähedaste kogemustega inimeste ütlustega ja kehast väljumise füüsikateooria aluspõhimõtetega. Käesoleva peatüki mõned kujutised on esitatud ka eespool, kuid selles peatükis on need täiendatud ja annavad õiget konteksti käesolevas peatükis esitatud kujutistele.

Aeg, ruum ja liikumine on omavahel fundamentaalselt seotud, mis ajas rändamise füüsikateooria mudelites väljendub hyperruumi K' (ajatu ja ruumitu dimensiooni) ja tavaruumi K (meie igapäevaselt kogetava ruumi) liikumissüsteemina: tavaruum „liigub“ hyperruumi suhtes valguse kiirusega c, kusjuures hyperruum K' ja tavaruum K ei ole taustsüsteemid (ei inertsiaalsed ega ka mitteinertsiaalsed taustsüsteemid). Seda kirjeldab meile eespool esitatud joonis:



Reaalsuses avaldub tavaruumi K ja hyperruumi K' kinemaatiline süsteem Universumi kosmoloogilise paisumisena. Seda esitasime eespool järgmiselt:



Universumi paisumine avaldub alles väga suures ruumimastaabis – näiteks galaktikate parvede ja superparvede mõõtkavas. See tähendab, et mida suurem on kahe ruumipunkti vaheline kaugus (ehk mida kaugemal on üksteisest galaktikate parved), seda kiiremini need üksteisest eemalduvad. Universumi ruumipunktide vahelised eemaldumiskiirused lähenevad nullile väga väikeses ruumimastaabis (näiteks planeetide ja tähtede mõõtkavas), kuid väga väga suures ruumimastaabis (näiteks isegi suuremas ruumimõõtkavas kui galaktikate superparved) lähenevad need aga juba valguse kiirusele vaakumis.

Universumi ruumimastaapi visualiseerib meile järgmine joonis, millel on näha Universumi kärjetaolist struktuuri, Linnutee galaktikat, Päikesesüsteemi ja Maad:

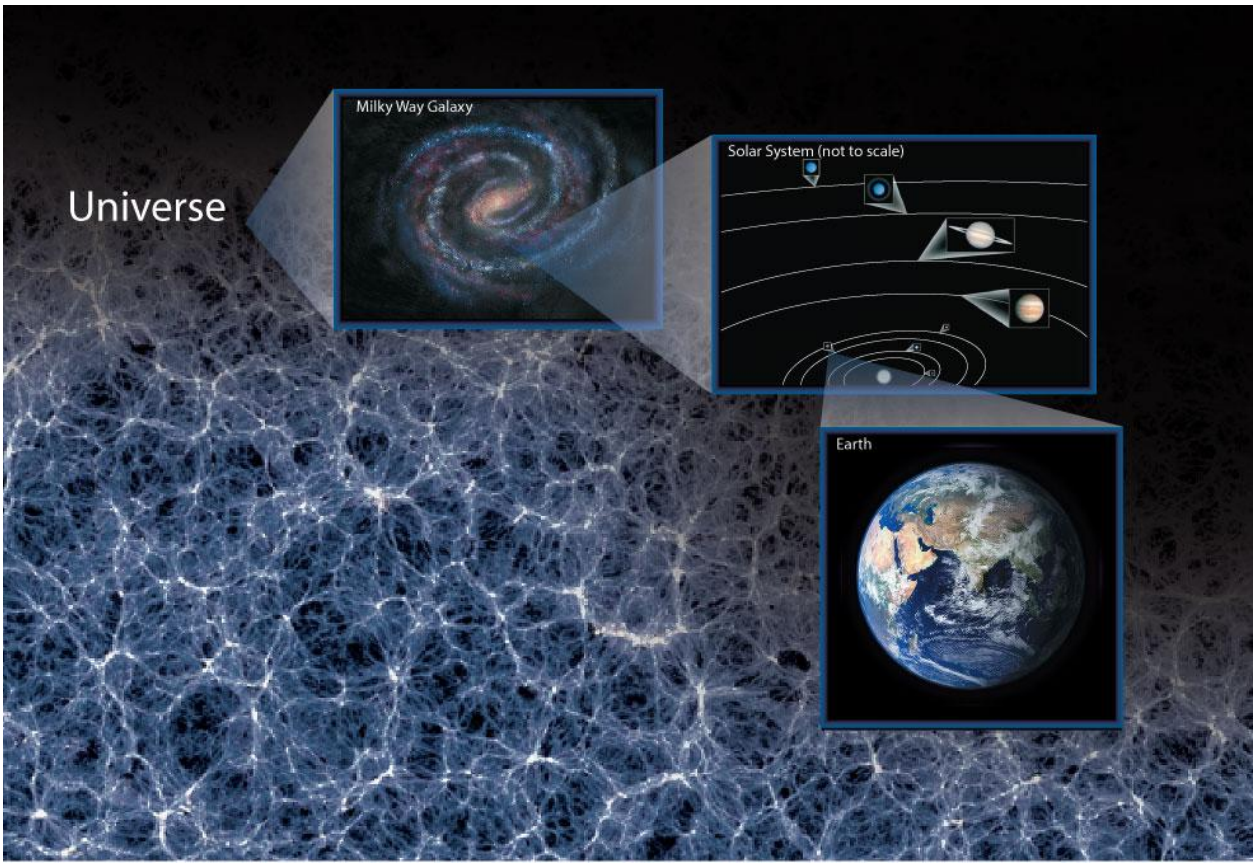
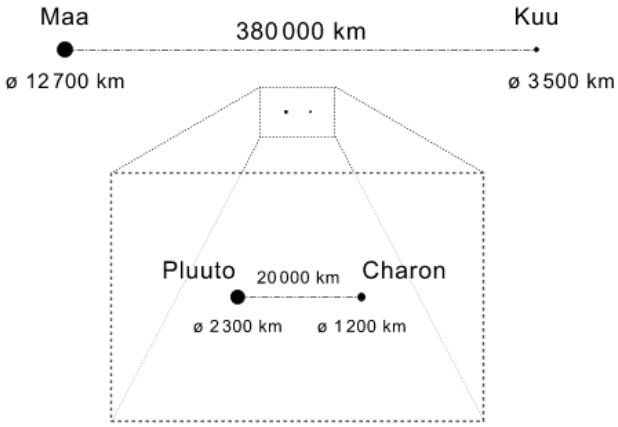


Foto allikas: https://grade8science.com/1-2-the-scale-of-space/

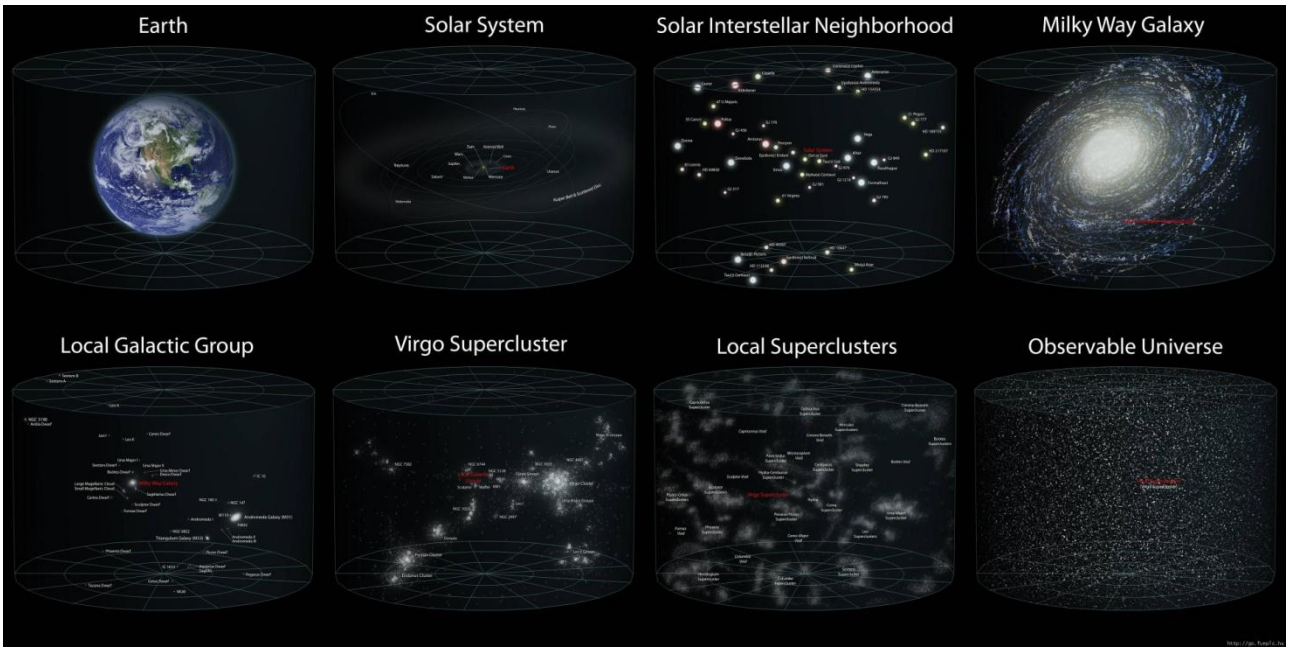
Päikesesüsteem kuulub Linnutee galaktikasse ja see omakorda kuulub Kohalikku Galaktikarühma. Selles galaktika parves on umbes 30 galaktikat. Ümber Linnutee galaktika tiirlevad Suur ja Väike Magalhaesi Pilv, mis on tegelikult korrapäratu kujuga galaktikad. Linnutee, Andromeeda (M31) ja M33 galaktika on parves kolm suuremat. Kuid ka Kohalik Galaktikarühm kuulub veel suuremasse galaktikate rühma – nimelt Kohalikku Superparve.

Üheks heaks näiteks ruumimastaapide visualiseerimiseks on Maa ja Kuu ning Pluuto ja Charoni vahelise kauguse visuaalne võrdlemine:



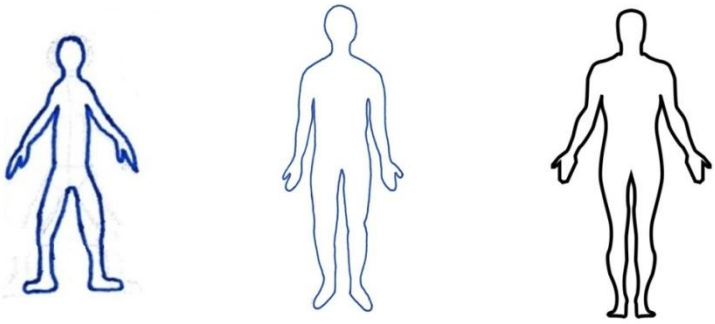
Allikas: http://opik.obs.ee/osa2/ptk10/pildid/kakspl.gif

Maa, Kuu, Pluuto ja Charon kuuluvad kõik Päikesesüsteemi. Kuid Universumi mastaape, alates planeedi Maast kuni vaadeldava Universumi piirini, saab visualiseerida ka järgnevalt:

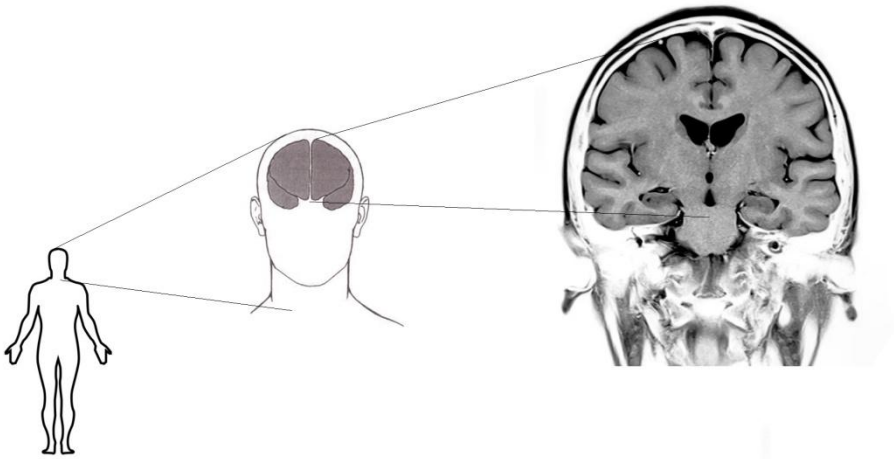


Allikas: http://www.funpic.hu/en/categories/others-graphics/40056_if-god-took-7-days-on-making-earth-how-long-did-observable-universe-take?categoryId=11&position=

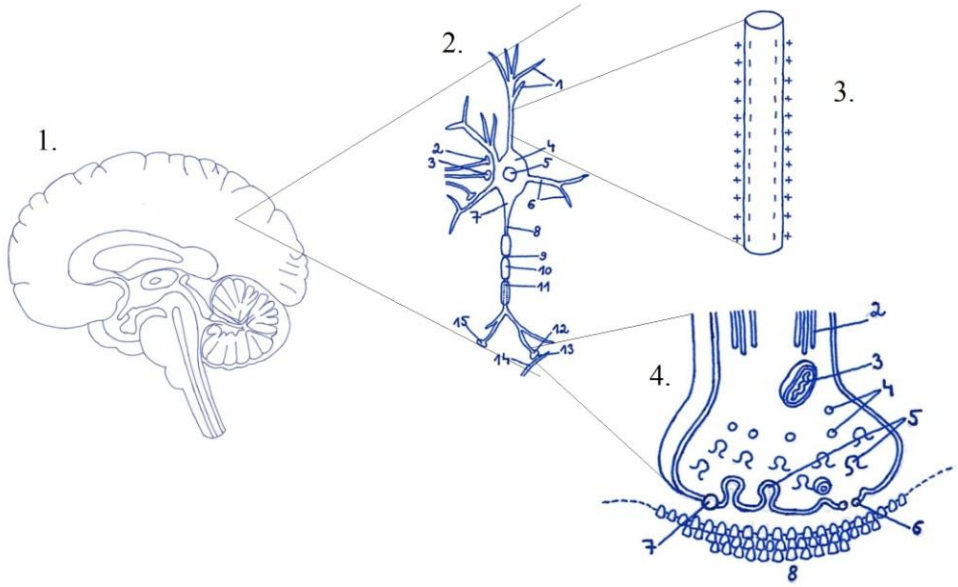
Erinevatel joonistel on kujutatud inimese figuuri veidi erinevalt, kuid kõikidel on siiski selgelt näha inimese siluetti:



Inimese aju on enamasti kujutatud joonistena, kuid on esitatud ka selliseid kujutisi, mis on saadud röntgentomograafiaga:

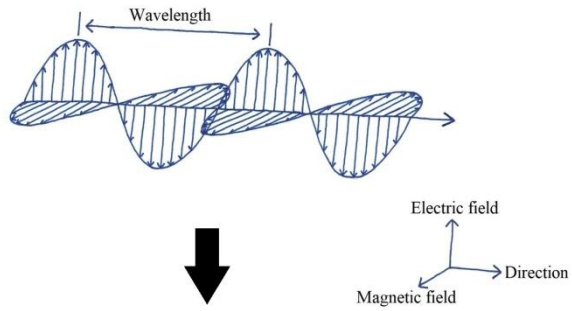


Inimese aju koosneb miljarditest neuronitest ja nendevahelistest seostest, mis ulatuvad omakorda triljonitesse. Neuronid on nii väikesed närvirakud, et neid ei ole võimalik palja silmaga näha. Mikroskoopia võimaldab neid suurendatult vaadelda. Järgnevalt on esitatud joonis, milles on visualiseeritud inimese aju (1), ühte neuronit (2), neuroni jätke polariseeritust (3) ja sünaptilist pilu (4):

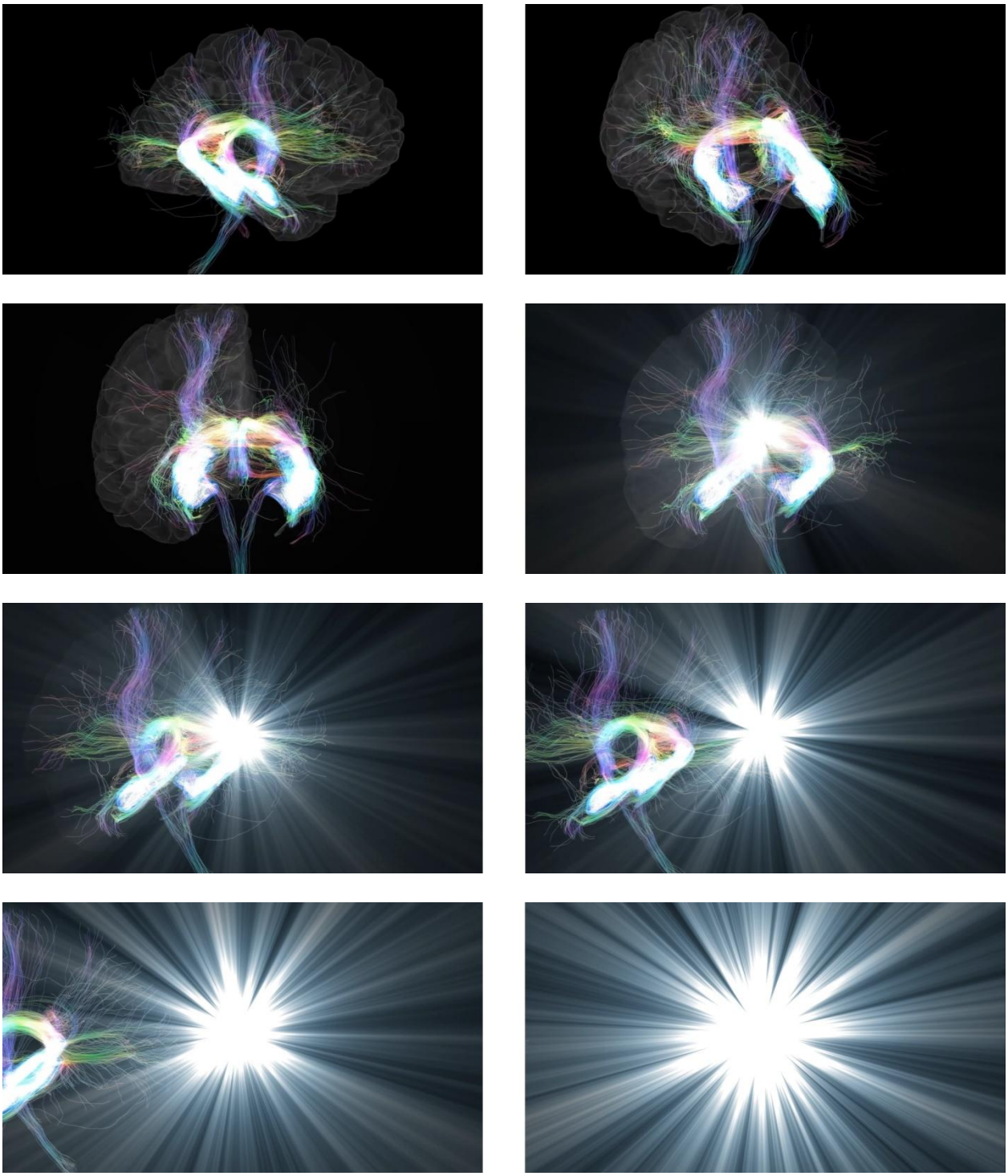


Joonisel on näha, et võrreldes inimese ajuga on neuronit, jätket ja sünapsit tuhandeid kordi suurendatud.

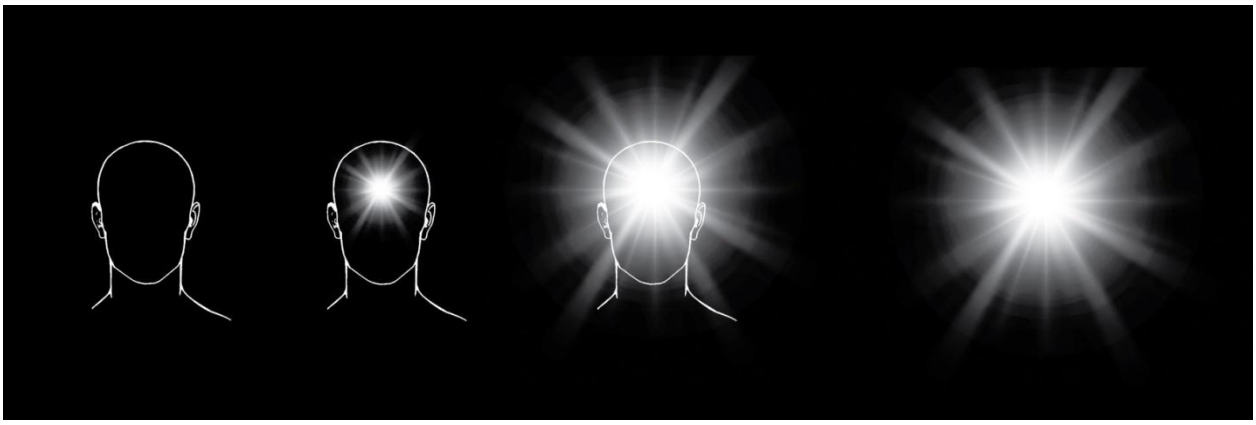
Valgus on elektromagnetlaine ehk elektrivälja ja magnetvälja üksteise muutumise levimine ruumis. See tähendab seda, et elektrivälja muutumine ühes ruumipunktis põhjustab esimesena muutuva magnetvälja, mille muutus kutsub elektromagnetilise interaktsiooni teel esile elektrivälja muutumise naaberpunktis. Selline elektri- või magnetvälja muutus levib ruumis lainena. Kuna elektromagnetlaine toime registreerimisel tekitab signaali just elektriväli, siis kirjeldatakse elektromagnetlainet ainult elektrivälja muutumise kaudu. Valguslaine lainepikkused jäävad 380 kuni 760 nanomeetri vahele. Näiteks inimsilm reageerib elektromagnetlaine ehk valguse elektriväljale, sest elektromagnetlaine elektriväli põhjustab elektriliste impulsside ilmnemist inimese nägemisnärvides. Valguse kui elektromagnetlaine elektriväli ja magnetväli on omavahel risti ja risti ka laine levimissuunaga ruumis. See tähendab seda, et väljavektorid on elektromagnetlaines risti laine levimise suunaga. Seega on elektromagnetlaine ristlaine, mille elektri- ja magnetväli muutuvad ajas ja ruumis sinusoidaalselt ja ühes faasis. Joonis:



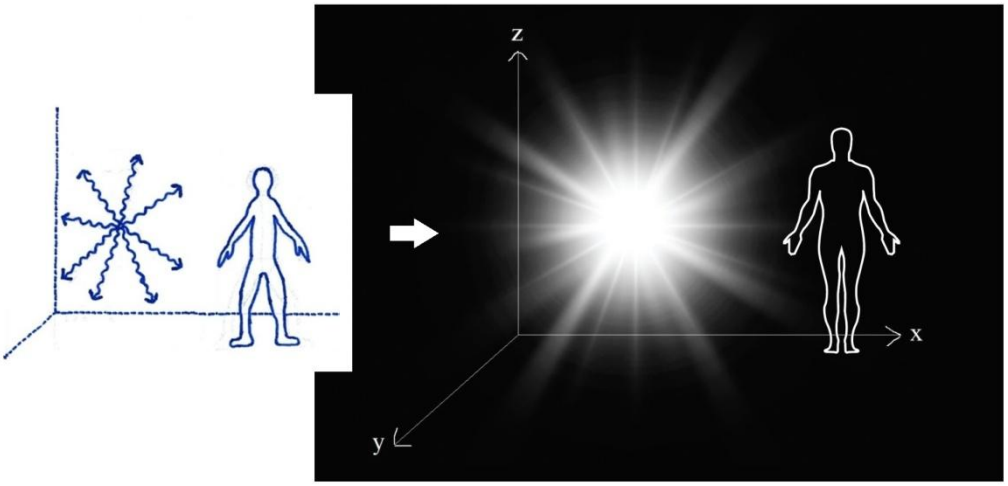
Väljad ei eraldu inimese ajust. See on illusioon. Väljad tekivad hyperruumi ehk väljapoole aegruumi inimese elektrilise närvitalitluse käigus. See tähendab seda, et väljad ei liigu otseselt ühest dimensioonist teise, vaid elektromagnetlaine tekkimisega tavaruumis tekib see kohe automaatselt ka hyperruumi, kuna elektromagnetlaine eksisteerib täpselt nende kahe dimensiooni piiril. Inimese elektrilise närvitalitluse käigus tekivad elektromagnetlained peale aju ruumi ka veel hyperruumi ehk väljapoole aegruumi. See tähendab, et otsest „eraldumist“ oma kehast inimene tegelikult ei tunneta. Tajutakse seda, et ollakse äkki lahus oma kehast. See viitabki elektromagnetlainete tekkimisele hyperruumis, mitte elektromagnetlainete „eraldumisele“ tavaruumist hyperruumi ehk ühest dimensioonist teise. Seetõttu kirjutamegi sõna „eralduma“ sageli jutumärkides. Eelnevaid väiteid illustreerivad järgmised kujutised:



Väljad ei eraldu inimese ajust. See on illusioon. Väljad ei liigu otseselt ühest dimensioonist teise, vaid elektromagnetlaine tekkimisega tavaruumis tekib see kohe automaatselt ka hyperruumi. See tähendab, et otsest „eraldumist“ oma kehast inimene tegelikult ei tunneta. Tajutakse seda, et ollakse äkki lahus oma kehast. Seda illustreerivad meile järgmised kujutised:



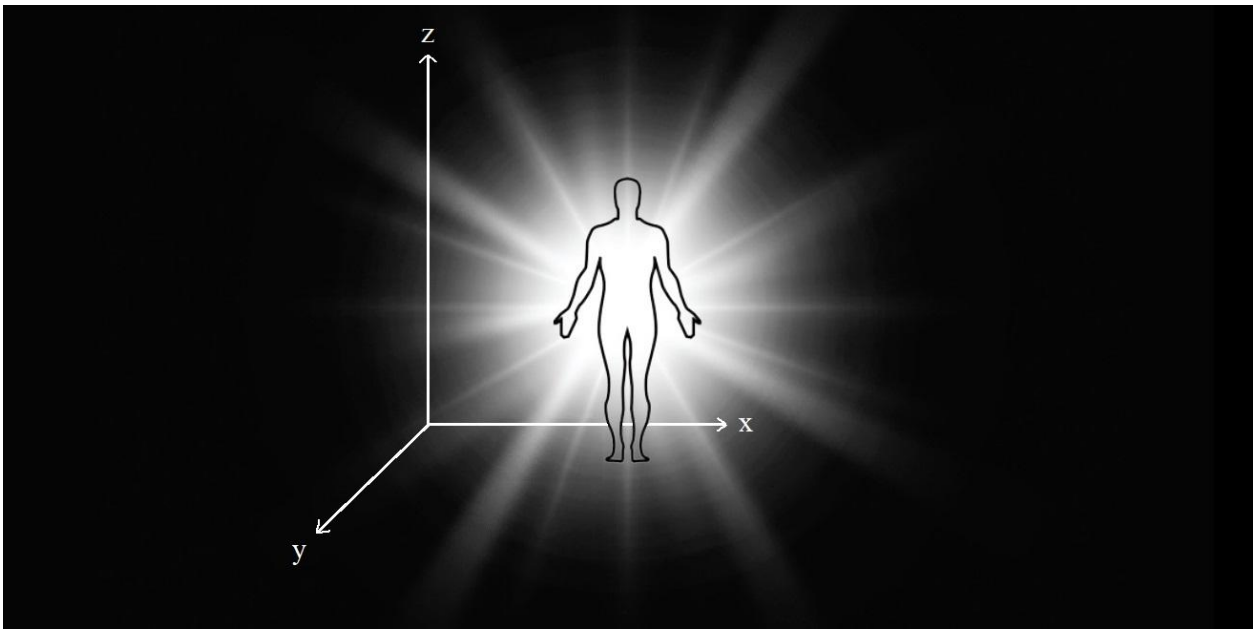
Kui inimene „väljub“ oma kehast, siis eksisteerib inimene hyperruumis elektromagnetlainetena ehk valgusena. Sellisel juhul võib „inimest“ käsitleda „valgusolendina“. See tähendab, et kui footonid „eralduvad“ hyperruumi, siis võib järeldada seda, et „kehast väljudes“ eksisteerib inimene valgusena ehk footonitest. Kuid mitte igasugune elektromagnetlaine ei ole valgus ehk valguslaine. Kogu elektromagnetlainete lainepikkuste skaala jääb umbes 10^{-12} – 10^{4} meetri vahele, kuid nähtav valgus hõlmab sellest ainult 380 – 760 nanomeetrit. Siin ja edaspidi nimetame mistahes elektromagnetlainet valguseks ainult „tinglikult“, kuna mistahes elektromagnetlaine korral on siiski tegemist „footoniga“, mida mõistetakse kvantfüüsikas just „valguse osakesena“. Illustratsioon valgusolendist ja tema kõrval olevast inimesest kolmemõõtmelises ristkoordinaadistikus:



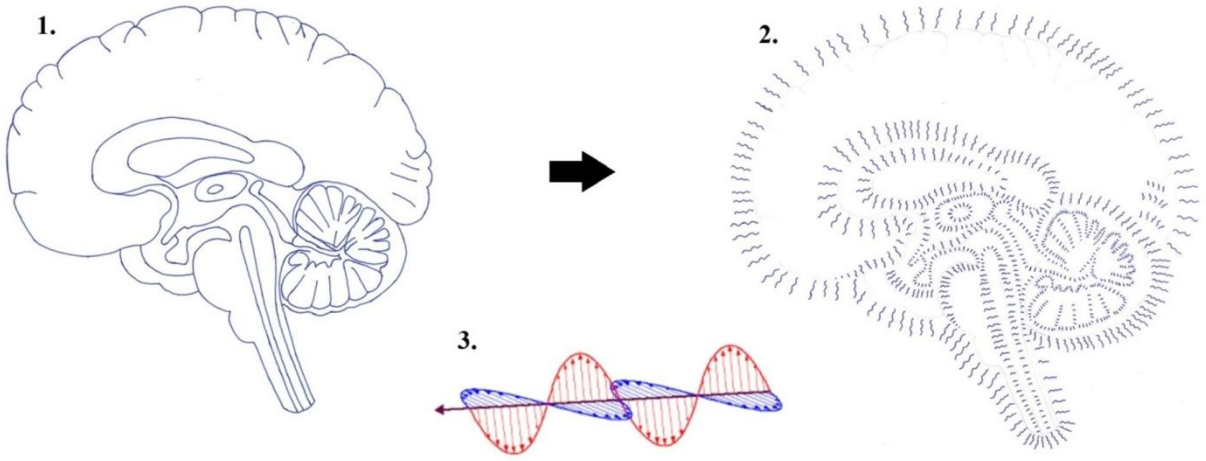
Eespool me tõdesime, et elektromagnetlained, mis tekivad inimese närvisüsteemis, peaksid tekkima ka hyperruumi kogu närvisüsteemi ulatuses ja peale selle peaks inimene „kiirgama“ elektromagnetlaineid ka pidevalt ehk kogu aeg (isegi elus olles). Kuid selline „kiirgamine“ ei toimu meie tajutavas ümbritsevas aegruumis, vaid sellest väljapool ehk hyperruumi dimensioonis ja seetõttu ei ole sellist „neurokiirgust“ võimalik katseliselt tuvastada.

> See tähendab seda, et kuna elektromagnetlained „eralduvad“ inimese närvisüsteemist ka elus olles, mitte ainult vahetult enne surma, siis seega „kiirgab“ inimene elektromagnetlaineid hyperruumi pidevalt. Sellist nähtust võib nimetada „neurokiirguseks“. Kehast väljumist ei esine kiirgamise ajal ehk närvisüsteemi normaalse talitluse käigus.

Järgmisel joonisel on kujutatud inimese figuuri ja valgust, mis illustreeriks inimese neurokiirgust:

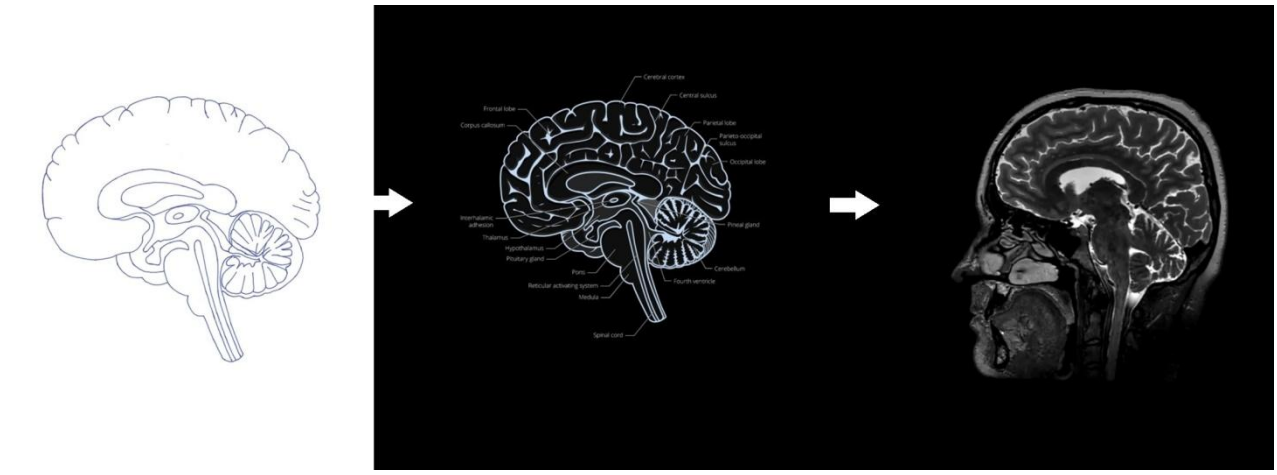


Inimese kehast väljumine põhineb sellel, et väljade muutumistega inimese närvisüsteemis kaasnevad elektromagnetlainete tekkimised hyperruumis. Kuna väljade muutumised esinevad kõikjal närvisüsteemis ja ka ajus, siis seega peavad hyperruumis paiknevate miljonite elektromagnetlainete „asendid“ üksteise suhtes olema sarnaselt nii nagu seda on miljonite neuronite elektriväljade korral inimese bioloogilises ajus. Seda järgmine joonis meile eespool illustratiivselt visualiseeriski:

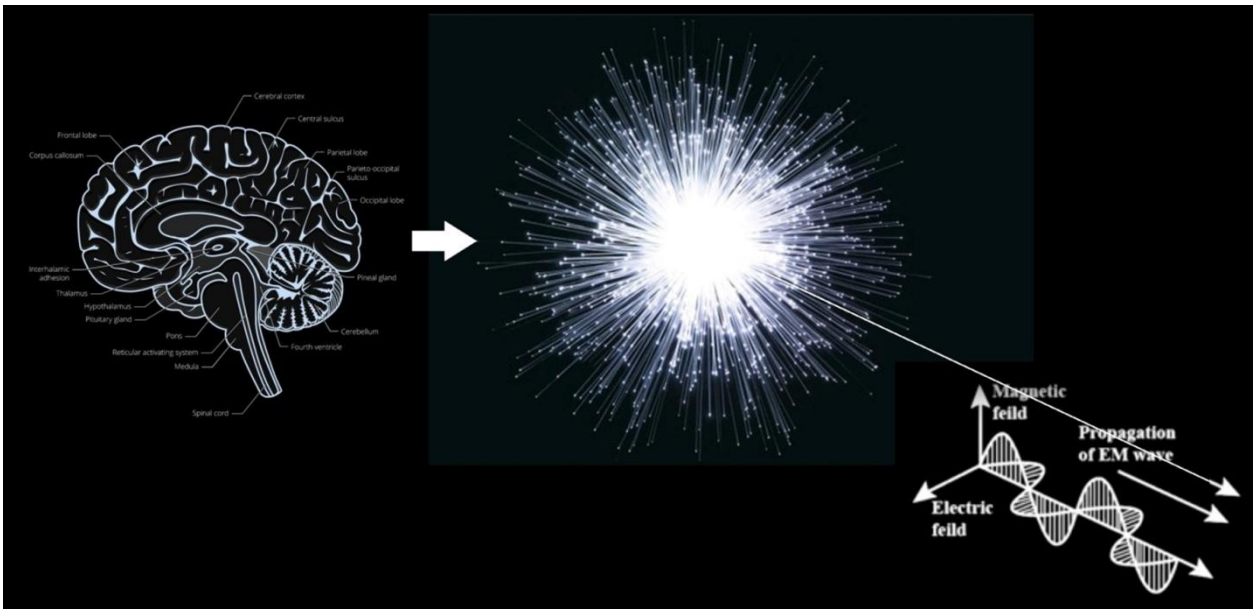


1. Inimese aju visuaalne kujutis.
2. Elektromagnetlained, mille paiknemised (asukohad) ruumis sarnanevad inimese aju neuronite paiknemistega ruumis. Sellest tulenevalt näeme inimese ajule sarnanevat kujutist (s.t. aju siluetti).
3. Elektromagnetlaine kujutis suurendatult.

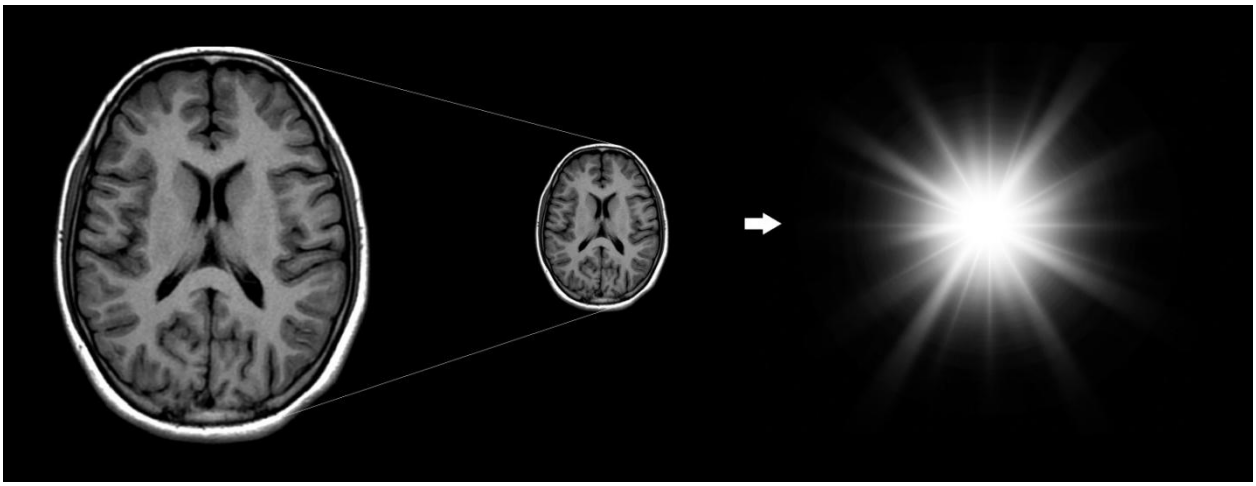
Järgnevalt näitame inimese ajust tehtud joonise võrdlust reaalse aju tuumamagnetresonants-tomograafia ülesvõttega:



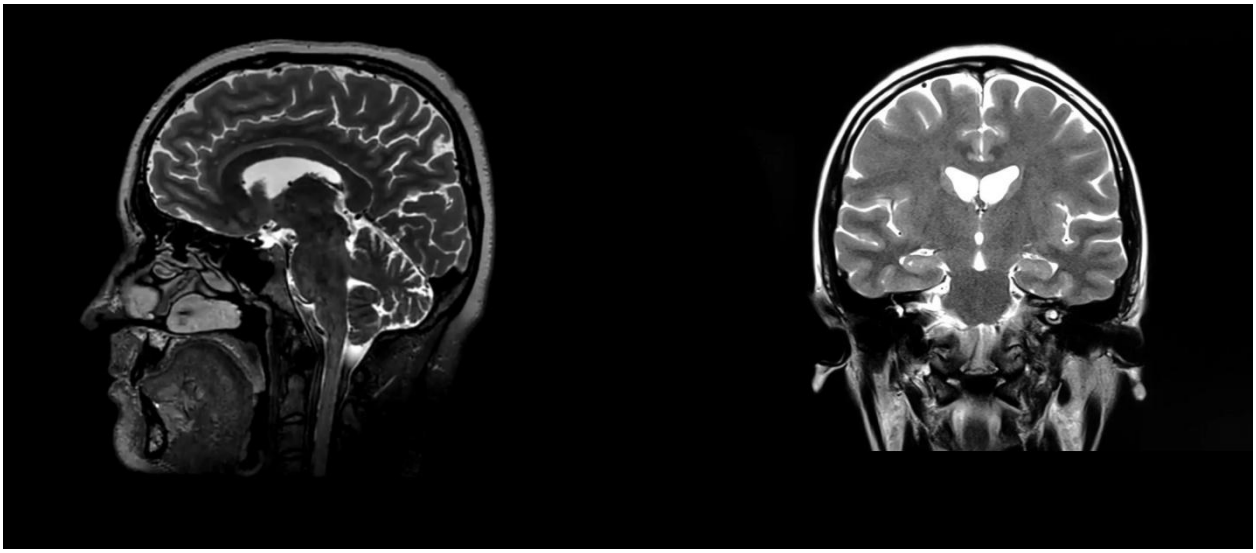
Miljonid neuronid moodustavad sellise ühtse bioloogilise süsteemi ehk võrgustiku, mida me väljaspoolt näemegi tervikliku ajuna (s.t. meile tuntud aju siluetina). Täpselt samasugune põhimõte peaks olema ka miljonite elektromagnetlainetega hyperruumis, kuid ajust eraldunud elektromagnetlained näevad väljaspoolt „ühtse valgusväljana“, mitte meile tuntud aju siluetina. Eespool illustreerisime seda järgmise skeemiga:



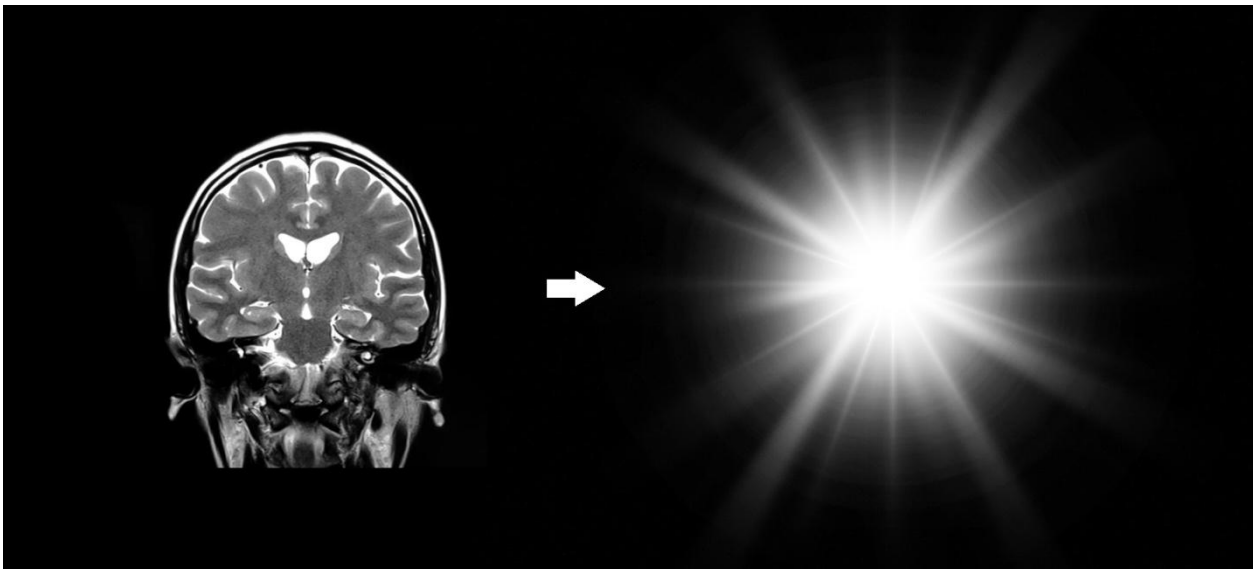
Kuid õigem visuaalne ettekujutus oleks järgmine skeem, mille korral on näha inimese aju TMR-tomograafia ülesvõtet ja „valgusvälja“, mis eksisteeriks inimese kehast väljumise korral „bioloogilise aju asemel“:



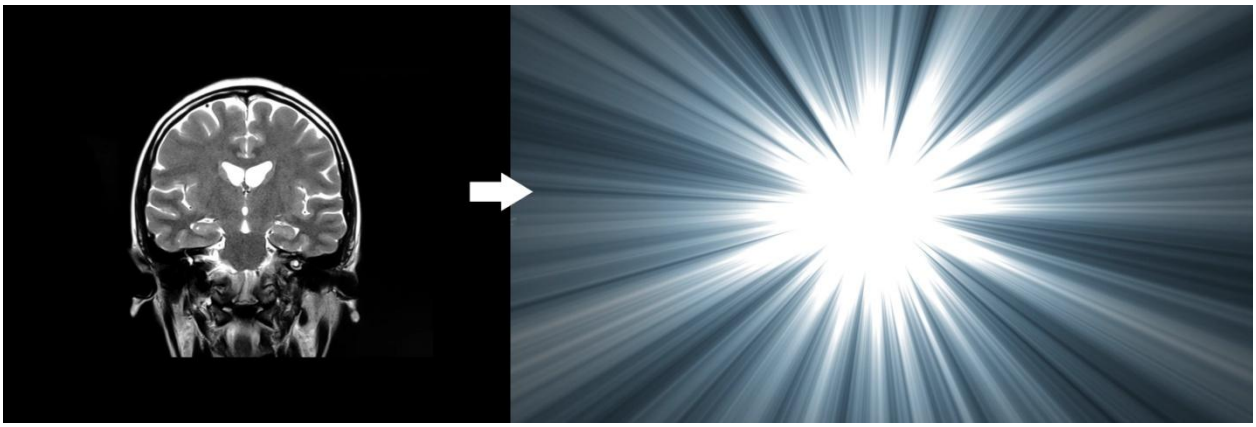
Tuumamagnetresonantstomograafia ja kompuutertomograafia on sellised meditsiinis kasutatavad tehnoloogiad, mis võimaldavad teha inimese ajust arusaadavaid ja selgeid kolmemõõtmelisi kujutisi kõrvaltvaates või otsevaatest:



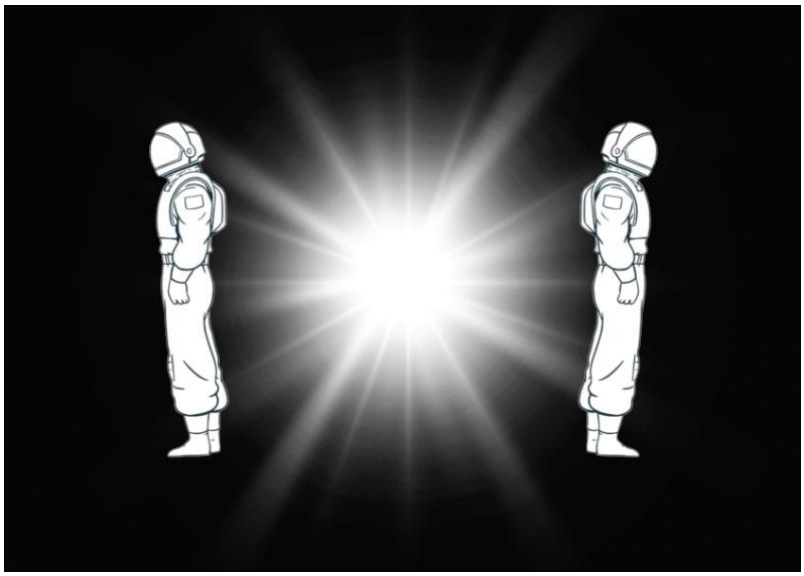
Tomograafilised ülesvõtted ehk kujutised võimaldavad visuaalselt näha aju siseehitust. Kui inimene on kehast väljunud, siis sellises olekus puuduvad mistahes bioloogilised (näiteks neuronaalsed) struktuurid. Selle asemel eksisteerivad ainult elektromagnetlained. Seda võib ettekujutada nii, et aju asemel eksisteeriks ühtne ja koostoimiv valgusväli:



Valgusvälja intensiivsust võib erinevatel piltidel kujutada erinevalt, kuid see ei muuda selle põhiolemust:



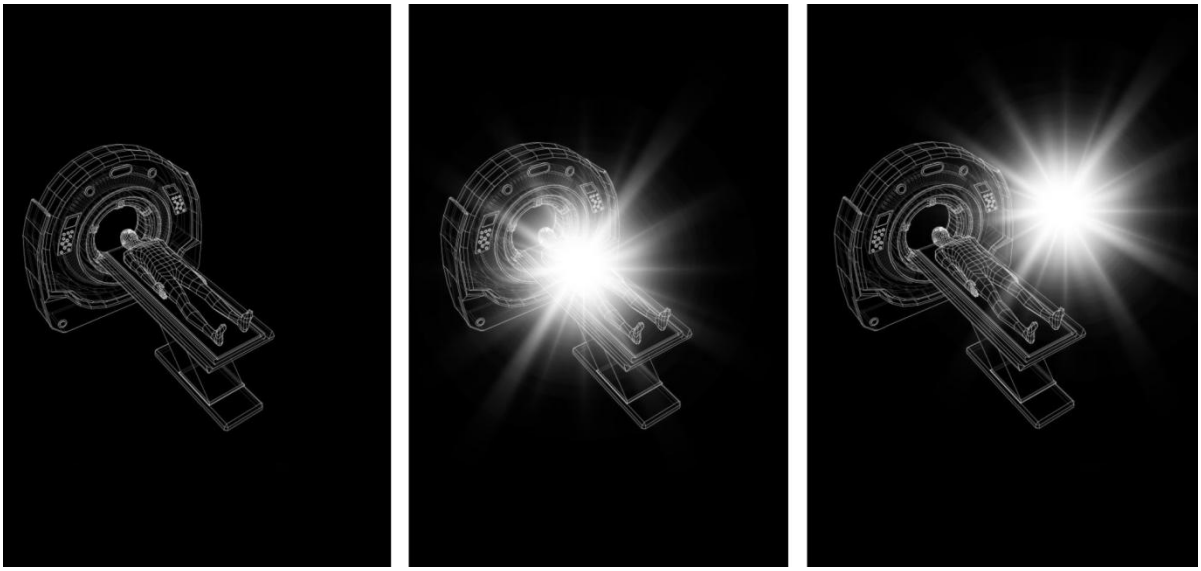
Kehast väljunud olek võimaldab ilmselt kõige paremat võimalust kosmoses eksisteerimiseks, kuna füüsiline maailm ei mõjuta enam kehast väljunud inimest. Sellisel juhul ei pea kandma skafandreid ega mingeid muid lisavarustusi. Kosmonaudid ja astronaudid on varustatud spetsiaalse kombenisatsiooniga kosmoses ellujäämiseks. Kuid kehavälises olekus ei ole neid enam vaja. Järgmisel joonisel on näha kahte astronauti ja nende keskel olevat valgusolendit, mis kujutab endast kehast väljunud inimest:



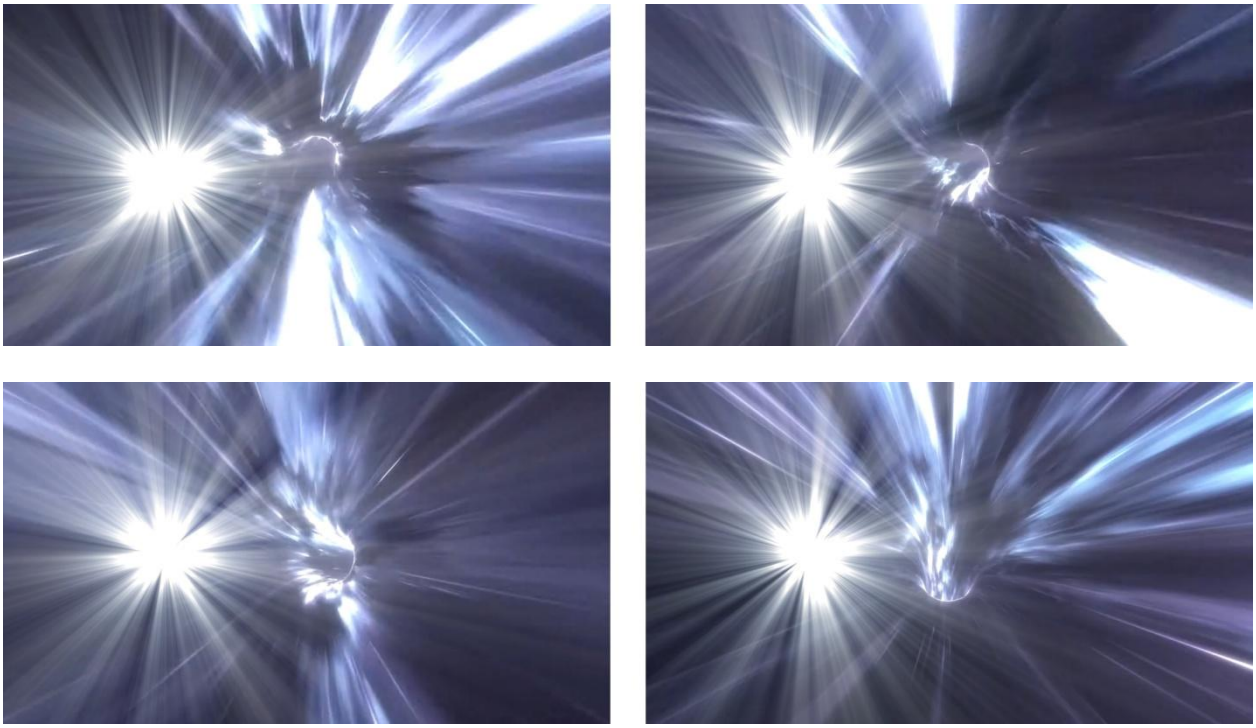
Kuna surmalähedased kogemused ja kehast väljumised esinevad peaaegu alati inimese kooma või kliinilise surma eel, siis seega inimese kunstlikku ehk tahtlikku kehast väljumist on võimalik esile kutsuda ainult siis, kui inimest viia üsna ohutult tänapäeva meditsiiniliste vahenditega kunstlikkusse koomasse või kliinilisse surma. Tänapäeva meditsiiniliste vahenditega on seda võimalik teostada üsna ohutult.

Surmalähedaste kogemuste ja kehast väljumiste nähtuste statistika näitab, et need nähtused esinevad üldiselt siis, kui inimese süda on lakanud töötamast. Näiteks kooma ajal võib inimese süda edasi töötada. Sellisest asjaolust järeldub, et reaalse kehast väljumise korral peab inimese süda teatud ajaperioodiks lakkama. See määrab ära ka selle, et kuidas kunstlikult ehk tehniliselt tekitada inimese reaalne kehast väljumine.

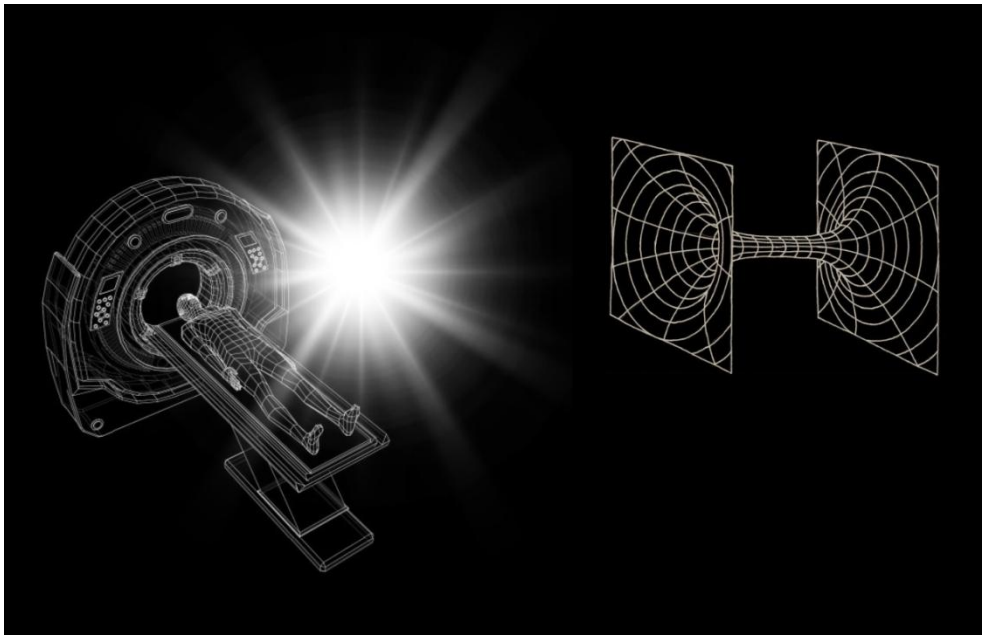
Tehnoloogia, mis võimaldaks inimesel reaalselt kehast väljuda, võiks sarnaneda visuaalselt meditsiinis kasutatava magnetkuvandamise mõõteseadmega. See on küll meelevaldne väide, kuid see aitab visuaalselt ettekujutada seda, et milline võiks välja näha tulevikus kehast väljumist võimaldav tehnoloogia. Magnetkuvanduse seadmed võimaldavad praegugi elektromagnetlainete tekitamist ja eraldumist inimese ajust. Kuid sellega ei saa tekitada reaalset kehast väljumist. Magnetkuvandamise mõõteseadme korral tekitatakse baasmagneti abil tugev staatiline magnetväli magnetvoo tihedusega 2 – 3 T (võidakse kasutada ka palju nõrgemat välja). Magnetväli, mis muutub x-, y- ja z-suunas, tekitatakse gradientpooli abil. RF-pool saadab ja võtab vastu raadiosagedussignaali. Pärast seda juhitakse see signaal vastuvõtjast arvutisse, milles töödeldakse ja analüüsitakse mõõtmistulemusi. Joonis:



Väga paljude surmalähedaste kogemuste korral nähakse aegruumi tunneleid, mille abil on võimalik ületada väga lühikese ajaga väga suuri vahemaid ruumis või rännata ajas. Ussiauk on spekulatiivne struktuur, mis ühendab aegruumi erinevaid punkte ja põhineb Einsteini välja võrrandite erilahendusel. Ussiauku saab visualiseerida tunnelina, millel on kaks otsa aegruumi erinevates punktides (s.t. erinevates kohtades või erinevates ajapunktides või mõlemas). Järgmised kujutised visualiseerivad meile valgusolendi liikumist aegruumi tunnelis:

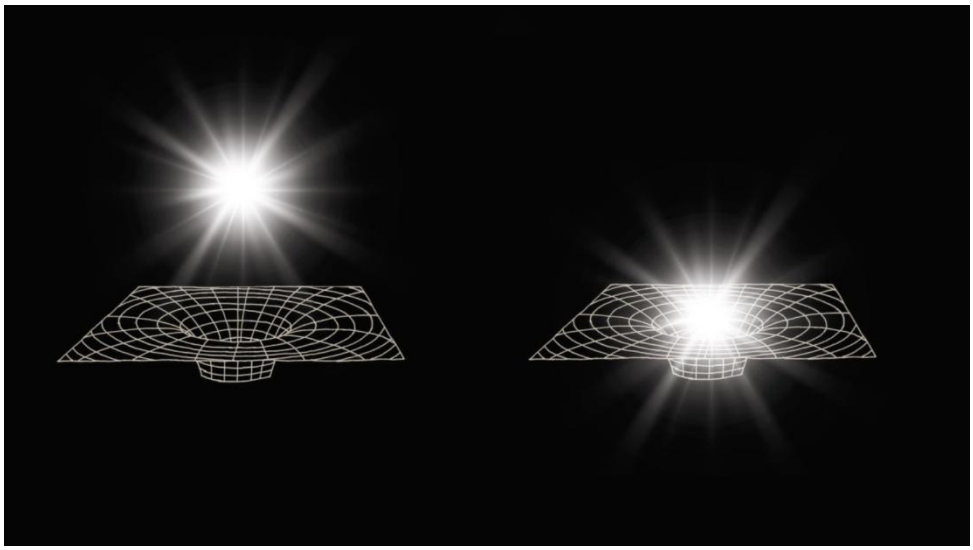


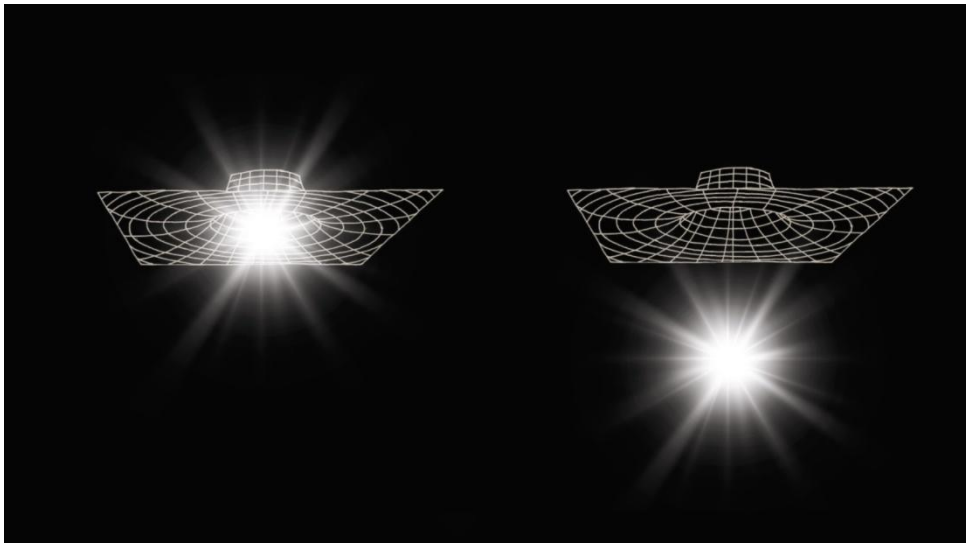
Kuna kehast väljumise olek võimaldab kosmoses eksisteerimist ilma igasuguse tehniliste vahenditega ja aegruumi tunnelid võimaldavad galaktikate vahelisi rännakuid (nagu ulmekirjanduses prognoositakse), siis seega oleks inimese kehast väljumise tehnoloogia ja selle arendus parim võimalik kosmosetehnoloogia, millest paremat välja mõelda ei oleks ilmselt enam võimalik. Joonis:



Järgmised joonised visualiseerivad meile valgusolendi läbimist aegruumi tunnelist. Valgusolendiks võib olla kehast väljunud inimene. Aegruumi tunnel võimaldab selle läbijal jõuda teise asukohta

Universumis või teise aega:





Võib kindlalt väita, et inimese kehast väljumise võimalus oleks kosmosetehnoloogia valdkonnas põhimõtteliselt asendamatu. Seda võib ettekujutada näiteks järgmiselt: inimene väljub oma kehast, satub aegruumi tunnelisse, tunnel viib ta Universumi teise asukohta, siis toob ta sealt tagasi alguspunkti ja seejärel tuleb inimene oma kehasse tagasi. See tähendab seda, et selline kosmosetehnoloogia oleks sarnane näiteks hambaarsti juures käiguga. Ei ole vaja mingeid rakette, skafandreid, kosmodroome, treeninguid ega muid kosmosetehnoloogiaga seotud infrastruktuuri. Selle teostuseks on vaja ainult reanimatsioonipalatit ja magnetkuvandusega sarnast tehnoloogiat.

Tehnoloogia või seadeldis, mis võimaldaks tekitada inimese reaalset kehast väljumist, võiks sarnaneda kurikuulsa surmakapsliga. Väline sarnasus oleks ilmne, kuid sisuline erinevus seisneks selles, et kui surmakapsel on mõeldud ainult eutaneerimiseks, siis teisel juhul oleks see mõeldud inimese keha välise oleku tekitamiseks. Taoline masin võiks tekitada ajutise kehavälise oleku, mille korral siseneks inimene masinasse, lahkuks oma kehast, mõne aja möödudes tuleks oma kehasse tagasi ja väljuks siis masinast. Eutaneerimise korral jääb inimene kehavälisesse olekusse igaveseks, kuna surmakapsel ei võimalda elustamist. Surmakapsel ja selle disain:

Allikas: https://et.wikipedia.org/wiki/Sarco

Austraalia päritolu eutanaasiaaktivist Philip Nitschke esitles 2018. aastal Amsterdamis peetud matusemessil maailma esimest suitsiidimasinat. Seadeldis kannab nime „Sarco“, mis on lühend sõnast „sarcophagus“. Leiutis on ehitatud nõnda, et see võimaldaks inimesel surra. Sarco on varustatud eemaldatava kirstuga ning selles on ka koht lämmastikumahutile. Nitschke meelest võiks kogu protsess välja näha järgmiselt. Esmalt tuleb veebilehel täita test, mis kinnitaks, et inimene on vaimselt terve. Kui test on edukalt läbitud, saab kasutaja 24 tundi kehtiva ligipääsukoodi ning klient võibki kapslisse siseneda. Siit ilmast lahkuda soovija vajutab seejärel nupule ning kapsel täitub lämmastikuga. Inimene tunneb alguses end natuke uimasena, kuid kaotab siis teadvuse ja sureb. Sarco disain, mis on loodud kahasse Hollandi disaineri Alexander Banninkiga, meenutab suitsiidimasina looja sõnul kosmoselaeva. See peaks kasutajatele tekitama tunde, et nad reisivad taevasse.

Kuna kehast väljunud inimene ei vaja ja seega ei tarbi mingeid tehnilisi vahendeid ellujäämiseks ega liikumiseks kosmoses, siis seetõttu võib öelda, et kehast väljunud inimese ökoloogiline jalajälg võrduks sisuliselt nulliga. See tähendab, et keskkonna mõju oleks kehast väljumise tehnoloogial põhimõtteliselt olematu, mis teeb sellest kõige rohelisema tehnoloogia inimkonna ajaloos. Kehast väljumise tehnoloogia oleks ilmselt ainus tehnoloogia maailmas, mille mõju oleks Maa keskkonnale peaaegu olematu. Tulevikus võivad paljud teadlased mõista, et kehast väljumise tehnoloogia väljatöötamine ja selle arendus oleks ilmselt ainus pääsetee Maa keskkonna täieliku katastroofi vältimiseks. Seda sellepärast, et kehast väljunud inimene ei pea tarbima mitte mingisuguseid tehnilisi vahendeid, tooteid või teenuseid, mis oleksid toodetud fossiilsetest kütustest või oleksid mingil muul viisil seotud Maa keskkonna ressurssidega.

3 Ülitsivilisatsiooniteooria: kehast väljumise mõju elukorraldusele

3.1 Üldine sissejuhatus

Järgnevalt esitame ja kirjeldame sellist teaduslikku teooriat, mida võib nimetada tinglikult ülitsivilisatsiooniteooriaks ehk lühidalt ÜTT-ks. Eespool me esitasime inimese kehast väljumise

füüsikateooriat, mis kirjeldab ja uurib inimese kehavälise oleku reaalset võimalikkust. Kuid see oli esimene osa ülitsivilisatsiooniteooriast. Teine osa kirjeldab ja uurib inimese kehavälise oleku mõju ühiskonnale ja tsivilisatsioonile tervikuna. Kui inimese kehast väljumise füüsikateooria aluseks oli ajas rändamise füüsikateooria, siis ülitsivilisatsiooniteooria aluseks on inimese kehast väljumise füüsikateooria.

Ülitsivilisatsiooniteooria on selline pealtnäha futuristlik teadusharu, mis püüab uurida inimese kehavälise oleku eksisteerimise võimalikkust ja selle sotsiaalset mõju inimühiskonnale ja tsivilisatsioonile tervikuna. Seetõttu tähistab termin „ülitsivilisatsioon“ sellist tsivilisatsiooni ehitust, toimimist ja taset, mille moodustavad kehavälised intellektid, mitte enam bioloogilised intellektid. Nii nagu bioloogilised inimesed on loonud tsivilisatsioone, nii ka kehavälised inimesed võivad moodustada tsivilisatsiooni. Kuna see teadusharu sisaldab terminit „tsivilisatsioon“, siis seega kasutatakse selliseid mõisteid, mis esinevad näiteks sotsiaal- ja humanitaarteaduslikes uurimisvaldkondades. Uurimismeetodid on pigem teoreetilist laadi, kuna puudub vaatluste või katsete võimaluse olemasolu. Näiteks stringiteooria kuulub teoreetilise füüsika valdkonda ja seega on tegemist teadusliku uurimisvaldkonnaga ehkki katseid ega vaatlusi ei saa stringiteoorias teha.

Inimese kehast väljumise füüsikateooria näitab veenvalt meile seda, et kehast väljumist tekitav tehnoloogia oleks meie maailmale absoluutselt fundamentaalse mõjuga tehniline saavutus. Ainuüksi füüsikateooriast tulenevad väga palju selliseid aspekte, mis eristavad kehast väljumist tekitavat tehnoloogiat kõikidest teistest tehnilistest saavutustest, mis inimkond on kunagi välja mõelnud. Võib üsna kindlalt väita, et kehast väljumise tehnoloogia oleks ilmselt kõige olulisem tehniline ja teaduslik saavutus, mida inimkond oleks võimeline looma. See ei ole suurusehullustus, soovmõtlemine, idealiseeritud unelm või ülepaisutatud tähtsustamine, vaid selle valdkonna range ja ratsionaalne füüsikateadus näitab meile seda üsna selgelt ja objektiivselt. Võrreldes kõige muu tehnilise saavutusega inimkonna ajaloos on inimese kehavälised võimed, omadused ja võimalused niivõrd erakordsed, et kõik muu ainult kahvatub selle kõrval. Järgnevalt on püütud esitada selline analüüs, mis kirjeldab inimese kehast väljumise võimaluse mõju inimühiskonna elukorraldusele, maailma tehnoloogiale ja inimkonnale kui liigile tervikuna. Seetõttu võib inimese kehast väljumise füüsikateooriat ja ka tehnoloogiat käsitleda ülitsivilisatsiooniteooria osana, kuna näib, et kehast väljumine oleks mõistusliku elu kõrgeimaks vormiks meie teadaolevas Universumis. Kehast väljumisega kaasnevad võimalused mõjutaksid peaaegu kõiki inimese tegevusvaldkondi, mida järgnevalt analüüsima hakataksegi. Selleks kasutatakse sotsiaal- ja ühiskonnateadustes kasutatavad mõisteid nagu näiteks tsivilisatsioon, ühiskond, majandus, kultuur, poliitika, religioon ja tehnoloogia. Alustuseks uurimegi kunsti, kultuuri ja tsivilisatsioonide ajalugu ning püüame defineerida, mis on üldse tsivilisatsioon ja kuidas need tekkisid.

3.2 Kunst ja kultuur

Psühholoogid on järeldanud, et kõrgemad tundmused esinevad ainult inimolenditel. Need tundmused teevad võimalikuks luua otsustusi isiksuse arengutaseme kohta. Kõrgemad tundmused on inimese isiksuse olemuse üks koostisosadeks. Sellised tundmused liigitatakse tavaliselt kolme suurde rühma: kõlbelised, intellektuaalsed ja esteetilised tundmused. Näiteks inimesed on teadaolevalt ainsad elusolendid Maal, kes tunnetavad ilu ja suudavad seda mõista, mõtestada ning väärtustada. Ilu on kogu kunsti ja kultuuri alus. Ilus võib olla näiteks pilt, muusika, maja, loodusmaastik ja isegi matemaatiline võrrand. Kõikidel teistel loomadel ja muudel elusolenditel sellist tunnetust ei ole, mistõttu eristavad kõrgemad tundmused inimest loomadest. Iseloomulik kunst ja kultuur on need aspektid, mis eristavad inimest loomadest.

3.2.1 Kunsti ja kultuuri mõiste

Sõnal "*kunst*" võib olla mitu tähendust. Näiteks võib tähendada kunst inimese üliosavust mingisugusel alal, kuid see võib tähendada ka seda, mis on järeletehtud ja ei ole ehtne. Sellisel juhul on tegemist kunstliku asjaga. Paljud inimesed tegelevad selliste tegevusaladega, mida nimetatakse kunstiks. Kunstiks peetakse ka nende tegevuste saadavaid tulemusi. Kunsti vorme on erakordselt palju. Näiteks muusika, film, tantsud, teatrietendused, fotod, skulptuurid, ehitised jne. Mõlemal esialgsel kunsti tähendusel on seos selle viimase tähendusega. Kuid sõnal "kunst" on tegelikult veel üks tähendus, mille moodustavad sellised nähtavad asjad nagu näiteks skulptuurid, fotod, ehitised jne.

> Kunst on igalpool meie ümber. Teadlased on väljaselgitanud, et kunstis on elumõte, sugutung ja surmahirm ning et kunst aitab inimesena ellu jääda.

Need kõik on osa kultuurist. See asjaolu on olemas kõikidel eespool toodud kunsti tähendustel. Sõna "*kultuur*" on laiem mõiste kui sõna "*kunst*". Sellel on palju rohkem tähendusi ja kasutusviise kui sõnal "kunst". Kuid antud juhul mõistame "*kultuuri*" all just seda laiemat tähendust. See tähendab seda, et kultuur on kõik see, mis on loodud inimese mõistuse poolt. Kuid kultuur ei tähenda ainult tehislikke objekte, vaid see hõlmab ka inimeste mõtteid, tundeid ja suhteid, mis esinevad inimeste vahel. Järelikult kultuuri mõiste ei hõlma ainult tehiskeskkonda. See on märgatavalt sügavam ja laiem mõiste.

Peaaegu kõik tehisobjektid on loodud selleks, et rahuldada inimese mingisugust praktilist vajadust. Tehisobjektid annavad enamasti informatsiooni oma enda kultuurist. Seepärast nimetatakse neid märkideks või kujunditeks, sest need vahendavad infot kultuurist. Kuid tehisobjektid sisaldavad endas erineval määral kultuuri informatsiooni. Tehisobjektid on kujundid, mis vahendavad infot kultuurist. See on neil aga peamine või isegi ainus ülesanne. Kunstiajaloo eesmärgiks ongi nende uurimine. See uurib visuaalseid kujundeid. Mingisuguses mõttes on kõik tehisobjektid kujundid. Seepärast on visuaalse kunsti ja lihtsalt esemete vahel just hägune piir. See on lihtsalt ajaloo jooksul muutunud. Inimesed on loonud läbi aegade ilusaid objekte. See ongi visuaalse kunsti ülesanne. Kuid selline primitiivne arusaam valitses 17.-18. sajandi Euroopas.

Ilu nägemine paneb inimese aju „tööle“. See tekitab temas teatava mõnu tunde. „Ilusat“ võime igal pool näha ja nautida. Näiteks kui me vaatame ilusat maali, kohtudes ilusa inimesega, kuulata „ilusat“ muusikat jne. Ilu loob inimese ajus mõnuaistingu. Esteetika omamine on ainult inimesele omane. Kuid põhjus esteetika (ehk ilu ja seega kunsti) olemasolus peitub inimese neurofüsioloogias. Juba ammu on tuntud üks hea võrdlus – nimelt ilu on inimesele sama mõnus kui maiuspala keelele. Aju ainult mõne sekundiga töölepanemiseks piisab, kui vaadata ilusat inimese nägu. Ilusa näo nägemisel hakkab tööle aju nn „mõnukeskus“. See on aju üks kindel funktsioon, sest just ilusamad inimesed on seotud kõrgema sotsiaalse staatusega. Kuna ilu näitab inimese tugevust ja head tervist (häid geene), siis on ajul oluline liigitada inimesi atraktiivseteks ja mitteatraktiivseteks. See on välja kujunenud juba evolutsioonist. Ajul on vaja kiiresti teada, et kellega suhelda ja sõprussidemeid luua. Inimesed elavad väga keerulises ühiskonnas. Sellepärast on selline ajufunktsioon üsna oluline. Just ilusamate inimestega on oluline seltsida. See lähtub juba evolutsiooni seisukohast. Inimese sotsiaalne staatus paraneb, kui ta suhtleb ilusama inimesega. Kuid ainult ilust ei piisa. Atraktiivsus väljendab rohkemat, kui ainult inimese ilusat nägu. Näiteks oluliseks muutuvad sealjuures ka isikuomadused nagu näiteks säravus, empaatia, hea tuju ja isegi emalikkus. Ilus nägu aktiveerib teatud kindla ajuosa ja see ei sõltu inimese soost. See toimub ainult siis, kui eksisteerib silmside. Kui aga ahvid ootavad näiteks sööki, aktiveerib neil sama ajuosa. Inimene tunneb rõõmu, kui ta ilu näeb. See on ilmselt kõige lihtsam määratlus. Kuid hiljem hakati arusaama sellistesse ilu reeglitesse, mis kestavad igavesti. Seda on "näha" näiteks vanakreeka kunstis. Aegade jooksul on antud ilule siiski erinevaid hinnanguid. Näiteks hiljem ei peetud kunsti ja ilu ühesugusteks. Ilureeglites, mis kestavad lõppematult ja kehtivad üldiselt, hakati üha enam kahtlema.

Seda, et milliseid hinnanguid annavad inimesed ilule, sõltuvad paljudest teguritest. Näiteks harjumus on üks määravamaid tegureid. Sellepärast, et ilusad asjad on just need, mida on harjutud ilusaks pidama. Kuid ilu inimeste silmades võib aja jooksul siiski muutuda. Kui aga inimestes on olemas sarnased iluhinnangud, siis see tekitab inimeste rühmasisest ühtekuuluvustunnet. Näiteks rahvusi liidavad omavahel üheks sellised iluhinnangud, mis on valdavalt traditsioonilised ja sarnased või lausa ühesed. Tänapäeval vormivad väga suuresti inimeste iluhinnanguid just massimeedia ja reklaam. Inimeste poolt peetavad ilusad nähtused liigituvad kahte põhilisse tüüpi. Need mõlemad erinevad tavalistest nähtustest. Ilusateks peetakse just selliseid objekte või nähtusi, milles esineb ebaloomulikult suur korrastatuse tasand ja suur reeglipära. Kuid ilusaks peetakse ka ootamatuid ja erandlikke asju. Kui inimene valdab materjali või mingit tegevust üliosavalt, siis ka seda on peetud ilusaks. Niisamuti ka siis kui inimesed teostavad oma kavatsusi.

Visuaalse kunsti teosed on enamasti väga ilusad, kuid ainult ilus olemine ei ole tegelikult nende teoste ainuke omadus või eesmärk. Inimesi on omavahel sidunud just kunstiteosed. Kuid need teosed sisaldavad ka selliseid ideid, mille sisuks on eetika, poliitika või religioon. Inimene teostab ja väljendab ennast just läbi kunstiteoste. Niimoodi võidab kunstnik teiste inimeste tähelepanu ja seda tänu oma võimele. Kunstnik rõõmustab, kütkestab või vapustab teisi inimesi visuaalselt.

Visuaalsetest kunstidest paistab silma kõige rohkem just arhitektuur. Seda mõistetakse kui ehituskunsti. Ehitisi on inimesed rajanud juba alates kiviajast. Kuid kõige väljendusrikkamad ehitised on sellised, mis on seotud just religiooniga. Sellepärast liigitatakse arhitektuur kahte suurde rühma – on olemas sakraalsed ehk pühalikud ja profaansed ehk ilmalikud ehitised. Näiteks kirikud on kristlastele sellised pühad hooned, mis on pühendatud Jumala austamiseks. Kuid näiteks muhameedlased nimetavad neid ehitisi mošeedeks ja kõikidel teistel religioonidel on aga need ehitised templid. Niisamuti ka kabelid ja kloostrid on sakraalehitised. Kuid profaansed ehitised on just sellised hooned, mis on seotud sõjapidamisega. Sellised on näiteks linnused, kindlused, linnakindlustused jne. Ka lossides ja linnade raekodades ilmneb suurt kunstilist tähendust. Niisamuti on hakatud nägema kunstilist tähendust ka tavalistes elamutes ja tööstusehitistes, kuid seda alles 20. sajandil. Kunstiline tähendus on esinenud erinevate hoonete kooseksisteerimisel või loodusega kokkusobitamisel. Näiteks kui luuakse ansam- bleid, planeeritakse linnasid jne.

Inimeste loodud kujundeid nimetatakse skulptuuriks. Kujundeid valmistatakse mingisugusest väga kõvast materjalist. Skulptuurikunstis eristatakse ümarplastikat ja reljeefe. Reljeefi vaadeldakse ainult ühest küljest. See võib olla mõõtmetelt kõrge, keskmine, madal või süvendatud. Skulptuure liigitatakse selle järgi, et kuidas või mis eesmärgil neid kasutatakse. Näiteks skulptuurid võivad olla ka monumendid, kuid skulptuurid võivad olla seotud ka mõne ehitisega või pargikujundusega. Pargikujunduse korral nimetatakse seda ehitusplastikaks või pargiskulptuuriks. Kõik skulptuurid ei pea ilmtingimata olema seotud asukohaga. Sellisel korral nimetatakse seda vabaplastikaks. Värvilist kujundit tasapinnal nimetatakse maalikunstiks. Tavaliselt on need kujundid kordumatud. Maalikunsti liikideks on näiteks seinamaal, tahvelmaal ja miniatuurmaal. Keskaegsed miniatuurmaalid on näiteks käsikirjaliste raamatute illustratsioonid. Maalikunstiga sarnane kunstivorm on graafika, kuid see luuakse trükkimise abil. Graafika kujund on samuti tasapinnaline nagu maalikunsti korralgi. Graafika loomiseks on palju tehnikaid, kuid kolm peamist ja suuremat tehnikaliiki on kõrgtrükk, sügavtrükk ja lametrükk. Kui tarbeesemed omavad kunstilist tähendust, siis on tegemist juba tarbekunstiga. Tarbekunst liigendub kasutatavate materjalide järgi. Näiteks savist, metallist, klaasist, puidust, nahast, tekstiilist jm materjalidest on valmistatud kunstilisi objekte. 20. sajandil hakati koostama plaane tehiskeskkonna tööstusliku tootmiseks. Seda nimetatakse disainiks. Foto, filmi, video ja arvutite kasutusele võtmine on tohutult muutnud visuaalsete kujundite maailma.

Maalikunsti ja skulptuuri on peetud kauniteks kunstideks. Kaunite kunstide mõiste levis 17.-18. sajandil, mil ühiskonnas mõjus klassitsistlik esteetika. Sel ajal peeti kunstniku peamiseks ülesandeks just ilu loomist. Kuid hiljem pidi kunst väljendama ainult tõde. Selleks hakkas kunst kujutama sellist maailma, mida oli inimestel võimalik otseselt näha. Niimoodi tekkis ja levis 19. sajandi kunstis uus suund - realismi esteetika. "Kujutav kunst" muutus väga tavapäraseks nähtuseks. Kuid 20. sajandil tekkisid ka "vabad kunstid". Need on pigem uued väljendused kunstile, kui uued kunstivormid. Tol ajal oli olemas ka selline maalikunst ja skulptuur, mille kohta võis öelda

"mittekujutav". Nähtavat maailma jäljendab sageli just maalikunst ja skulptuur. Seda nimetataksegi realismiks. Realismi on mõne esteetikateooria järgi peetud kunsti väärtuseks.

Naturalismi mõiste sarnaneb väga realismi mõistega. Kuid need kaks on siiski erinevad. Realism jäljendab seda, mis on oluline või tüüpiline, kuid naturalism jäljendab valimatult ja üsna püüdlikult. Jäljendamisega kaasneb stilisatsioon ja idealiseerimine. Idealiseerimise korral viiakse loodusvormid vastavusse inimese poolt loodud ideaalile. Selleks "muudetakse" loodusvorme. Kuid stiliseerimise korral viiakse loodusvormid vastavusse mõnda süsteemi ja seega muudetakse samuti neid loodus-vorme.

Kunstiteose loomiseks on vaja inimese nii vaimset kui ka füüsilist tööd. Kunstiteoseks peetakse mingit materjali, milles on teostunud inimese kindlad eesmärgid. Maailmas on olemas väga erinevaid kunstiteoseid. Kunstiteoste erinevus tuleneb nende mõjustatavusest – et kas need mõjuvad inimese meeltele, mõistusele, tajutavale vormile või tagamõttele. Seda, mida ei ole varem kunagi olemas olnud, peetaksegi kunstiteoseks. Igasugune kunstiteos on järelikult kellegi looming. See on kui varem olematu reaalsus. Kuid samas on igasugune kunstiteos osa mingist traditsioonist. Kunstiteoses võib esineda ka midagi, mida on juba varem olemas olnud. Aegade jooksul on inimesed suhtunud uutesse asjadesse erinevalt. Näiteks vanema aja kunst eelistas pigem reegleid järgida kui luua uusi. Reegleid nimetati kaanoniks ja kunsti, mis järgis reegleid, nimetati kanooniliseks kunstiks. Vanal ajal püüdis kunstnik reegleid järgida, kui ta loomingut teostas. Kui ta töötas nagu vanad meistrid, siis hinnati teda väga kõrgelt. Uuenemine toimus tegelikult pidevalt, kuid väga aeglaselt. Uuema aja Euroopas väärtustatakse kunstiteose uudsust. Sellepärast, et just praegusel ajal on väga levinud inimeste individualism ja usk progressi. Kunstiteosi ka liigitatakse ja selleks kasutatakse stiili mõistet. Sõna "stiil" tuleb vanarooma kirjutuspulgast "stilus". Kuna igal inimesel on olemas oma käekiri, siis seega hakati stiiliks nimetama inimese käekirja. Alles renessansiajastul pandi tähele, et igal kunstnikul oli olemas oma stiil. 18. sajandil avastati ajastu stiil. See kujutab endast seda, et ühel ajastul luuakse selliseid kunstiteoseid, mis on sarnaste joontega. Kunsti stiilid on väga selged ja piiritletud siis, kui kunstikaanonid on väga tugevad. 20. sajandi kunstis ei ole ajastu stiilist rääkimine aga mõtekas, sest sellisel ajal esinevad väga paljud kunsti stiile. Tänapäeval on kunstielu üheks peamiseks sündmuseks kunstinäitused. Näiteks luuakse igasuguseid muuseume, näitusesaale, kunstigaleriisid jne. Näitusena tuuakse välja pilte, kujusid, tarbekunstiteoseid jne. See on välja kujunenud tegelikult üsna hiljuti. Näitused tulid esmakordselt 16.-18. sajandil, kui hakkas valitsema turumajandus. Kuid enne seda kasutati pilte ja kujusid ruumide ja ehitiste "kaunistamiseks". Pildid ja kujud seostati inimese elukeskkonnaga.

Kunst on inimese loomulik eneseväljenduse vahend. Nii on ka muusika ehk helikunst. Inimene on ennast väljendanud muusikaliselt juba siis, kui ta on hakanud kõnelema ja mõtlema. Muusika on ka inimeste suhtlemisvahend. Inimeste igasugune suhtlemine toimub läbi märkide. Inimkeel on märgisüsteem. Muusika on inimese üks kasutatavaid keele, olles verbaalsest keelest vanem. Loodusrahvaste loodud muusika jäljendas palju just lindude ja loomade keelt. Näiteks muutuvaid helikõrgusi, tämbreid, rütme ja ka tantsu, mis alguses kuulus vahetult muusikalise väljenduse juurde. Inimesed väljendasid ennast hõimukaaslastele, kuid nemad polnud siiski ainsad ega ka tähtsaimad. Inimesed on suhelnud kõrgemate jõududega, kuid selleks oli neil vaja kasutada rituaalide keelt. Näiteks inimene loodab luua kontakte loodusjõudude, surmatud jahiloomade hingede, surnud lähedaste vaimude, jumalate ja Jumalaga. Kuid seda teostatakse läbi just laulude ja tantsude.

Vanadel aegadel arvati, et muusika on võimeline loodusjõude juhtida. Paljude rahvaste müüdid kannavad seda uskumust. Nendes müütides esineb sageli laulikuid, kellel on olemas üleloomulikud võimed. Näiteks kreeka müütides esinev isik nimega Orpheus. Enamasti pajatavad müüdid, et muusika on jumalikku päritoluga. Sellele leiame tõestust ka keelte ajalugu uurides. Näiteks ladina verb "canto" (mis tähendab "laulan") tähendas alguses "loitsin", "nõiun", "võlun". Laulmise kohta käivat omaette sõna puudub keeltes väga sageli. Selline asjaolu viitab sellele, et laulmisel ja inimkõnel ei tehtud vahet. Need on kui samased suhtlusvormid. Näiteks eestlased mitte ei laulnud oma laule, vaid nad "ütlesid" oma laule. Ladinakeelne sõna "dico" (mis tähendab "ütlen", "kõnelen") tähendas keskajal just laulmist. Muusika abiga väljendab inimene oma tundeid ja muusika abil püütakse ka neid esile kutsuda. Kütid ja sõdurid on hirmu eemale peletamiseks ja vapruse

näitamiseks laulnud, tantsinud ja mänginud pille. Tants ja muusika on väljendanud peaaegu alati inimese just õrnimaid tundeid. Näiteks muusika ja tants aitab inimesi erootiliselt üksteisele lähendada, aitab luua armastust ja esile tõsta inimestes sümpaatia. Muusika hõlmab inimese sellist vaimset poolt, mida sõnad kirjeldada ei suuda. Nii mõjutab muusika inimese hinge sügavamalt kui sõnad seda ulatavad. Ka meelelahutusmuusika mõjutab inimese vaimu, mis igapäeva elus rakendust ei leia ja sisemise tasakaalu saavutamiseks väljapääsu otsivad. Muusikat on peetud rituaalse suhtlemise keeleks. Selline käsitlus teeb aga inimestevahelise suhtlemise rituaaliks. Läbi selle inimesed väljendavad ja avastavad ennast, tajutakse enda sügavamat olemust ja käitumise põhjusi. Inimesed suhestuvad ennast Universumiga ja ka teiste inimestega.

3.2.2 Kuidas ja millal tekkis kunst?

1970. aastal mõtles välja Cambridge´i Ülikooli professor B. Carter järgmise printsiibi: Universumi ehitus ja areng on täpselt sellised, et seal saaks eksisteerida inimene ehk vaatleja. Selline printsiip, mida nimetatakse tänapäeval antroopsusprintsiibina, on kosmoloogide seas suur populaarsus veel tänapäevalgi. Alguses tundub olevat selline väide oma sisu poolest mitte seotud füüsikaga, mis võib viidata lausa „inimkesksele Universumile“. Kuid tegelikult lähtub selline printsiip faktist, et maapealse bioloogilise elu füüsikaline tolerants on samade parameetrite võimalike väärtustega võrreldes ääretult väike. Maapealse bioloogilise elu füüsikalise tolerantsi all mõeldakse füüsikaliste parameetrite lubatavate väärtuste vahemikku. Elu piirkonna põhiparameetrid on piiratud vedela veega, valkude eksisteerimiseks sobiva temperatuuriga ning ioniseeriva kiirguse väga madala tasemega. Kuid tingimusi on tegelikult palju rohkem kui ainult kolm. Näiteks planeedi mass, atmosfääri rõhk ja selle koostis, Maa magnetväli jne. Selliste parameetrite käigus või töökorras hoidmist on vaja aga miljardite aastate jooksul. Selline võimalikkus on saanud teostuda just kosmoloogilise „seadusandlusega“. See tähendab seda, et kord juba käima lükatud Universum viib lõpuks ikkagi inimese tekkimiseni planeedil Maa.

Aafrika oli esimene maa, kus hakkasid arenema ja kasvama inimese eellased. Nad elasid seal umbes kuus miljonit aastat. Selle aja sees ei ole 3,4 miljoni aasta jooksul leitud mitte ühtegi leiutist või kunstitaiest. Kuid siis järsku peale seda müstilist perioodi on leitud maast kive, mis oli lõigatud teravaks. See on praeguse aja kõige varasem teadaolev leiutis, mida hominiidid kasutasid 1,6 miljonit aastat.

Umbes viie miljoni aasta jooksul on Maal elanud väga erinevaid inimese ja ahvide vahevorme. Nendest esimesed olid loomulikult rohkem ahvide sarnased kui inimeste moodi ja nende erinevaid liike nimetatakse australopiteekideks. Sõna „australopiteek“ tuleb ladina ja kreeka keelest (mis on „ladinapärastatud“) ja see tähendab lõunapoolseid ahve. Australopiteegid olidki inimese ürgsed ahvitaolised eellased, kes olid üsna lühikest kasvu ja kes juba kõndisid kahel jalal. Australopiteegid elasid osaliselt veel koos esimeste inimestega umbes 4,5 – 1,1 miljonit aastat tagasi.

Esimesed inimesed ilmusid välja juba umbes kaks miljonit aastat tagasi ja neid esimesi inimesi nimetatakse *Homo*-deks. Näiteks Homo habilis ja tema lähisugulane Homo rudolfensis. „Osav inimene“ ehk Homo habilis oli esimeste inimeste seas esimene tööriistavalmistaja ja sõi ka osaliselt liha. Homo habilise luud olid üsna haprad, aju oli australopiteekidest palju suurem, kolju ja hambad sarnanesid üha enam tänapäeva inimese omaga. „Püstist inimest“ nimetatakse Homo erectuseks, kes oli siis vastupidiselt australopiteekidele pikka kasvu, pikajalgne ja kitsaste puusadega. Homo erectuse keha ehitus sarnanes veelgi enam tänapäevase inimese keha ehitusega. Homo erectus ilmus välja pärast Homo habilist. Homo erectus kohastus väga hästi just soojas kliimas elamiseks. Ta oli sihvakas, palja, sileda ja tumeda nahaga inimeselaadne elusolend, kes võis olla kuni 190 cm pikkune. Sellised olendid elasid Maal umbes 1,8 – 0,3 miljonit aastat tagasi. Homo erectused olid ühed esimesed rändurid ja maadevallutajad Aafrikas, Aasias ja Euroopas. Tänapäeva inimesele

omane keel ja kõne aga nendel puudusid.

„Arukat inimest“ nimetatakse aga Homo sapiensiks, kes siis muistsel ajal hargnes Neanderthali inimeseks, Aasia varajaseks nüüdisaegseks inimeseks, Homo sapiens sapiensiks ehk tänapäeva inimeseks ning Heidelbergi inimeseks. Homo sapiensi vanuseks peetakse umbes 500 000 aastat. Homo sapiens on ainus ürgsete inimahvide liik või vahevorm, kes on tänapäevani säilinud meie endi näol. Homo sapiensidel suurenes ajumaht veelgi, käitumine muutus paindlikumaks, osati teha tuld ja valmistada tööriistu, söödi palju liha. Välja arenesid ka nende ühiskonna, kultuuri ja sotsiaalsed suhted. Kõik need asjaolud võimaldasid neil märksa paremini kohaneda planeet Maa tujuka kliima muutustega ja raskema elu standartidega.

Levinud arvamuse järgi on tänapäeva inimene põlvnenud just Homo sapiensist, kes siis rändasid välja Aafrikast umbes 100 000 aastat tagasi. Homo sapiensil arenes välja keel ja kõne ning omas teistest inimeste eellastest suuremat teadvust. Intellektid, kes kasutavad sümboleid, võtavad maailmas üha enam võimust. Umbes 30 000 aastat tagasi jäi Homo sapiens Maal ainsaks inimolendiks. See õnnestus neil seetõttu, et nad võtsid tarvidusele tehnoloogia ja lõid kultuuri. Nad harisid põlde ja neil ilmnesid välja väga keerulised sotsiaalsed suhted. Kohanemisvõime oli Homo sapiensidel väga hästi välja arenenud.

Inimese loovus arenes välja väga pika aja jooksul. Alguses õpiti tuld tegema ja kasutama. Seejärel meisterdati igasuguseid ehteid, mida praegusel ajal kogu maailmas maast välja kaevatakse.

Kuid just sümbolite kasutusele võtmist loetakse inimtunnetuse aluseks. Inimasustuse tiheduse suurenemine võimaldaski sümbolite üha suurenevat levimist.

Kuulsast Lõuna-Aafrika Sibudu koopast on arheoloogid leidnud 70 000 aasta vanuseid antiloopide püüniseid, oda- ja nooleotsi (mis olid kaunistatud) ja „liime“, mis saadi ookriosakeste kuumutamisega taimevaikudega. Liime kasutati kiviterade kinnitamiseks puuvarte külge.

Seetõttu järeldavadki arheoloogid, et inimese loovus ulatub isegi sadade tuhandete aastate taha. Näiteks Lõuna-Aafrikas asuvast Blombo koopast on leitud 100 000 aasta vanuseid ehtekunsti ja kudumise jälgi. Pinnacle Pointis on leitud 164 000 aasta vanuseid kivist tööriistu, mis olid tulega töödeldud. Neandertallased ilmusid Euroopasse umbes 300 000 aastat tagasi. Just nemad lõid kasetohuvaigust liimi umbes 200 000 aastat tagasi. See liim võimaldas puuvarte külge kinnitada kiviterasid.

Inimese evolutsiooni käigus on aju üha enam kasvanud. Näiteks eellase ajus oli olemas 100 miljardit neuronit umbes 100 000 aastat tagasi. Kuid seoseid neuronite vahel oli loomulikult mitmeid kordi veelgi rohkem kui neuroneid endeid. Koos aju suurenemisega suurenes ka prefrontaalne ajukoor. See on ajupiirkond, kus luuakse väga keerulisi ühendusi.

Esimesed kujutised tekkisid umbes 40 000 aastat tagasi. Nende kujutiste täpset tekkimise aega ei ole kahjuks teada. Neid esimesi kujutisi peetakse tänapäeval kunstiks. Nende kujutiste valmimise aeg jääb vanema kiviaja (ehk paleoliitikumi) hilisemasse ajajärkku. Kuid enne seda ajajärku oli toimunud ini- meste eellaste väga pikk areng. Inimeste eellased olid hakanud kõndima kahel jalal umbes 4 miljonit aastat tagasi. Kuid esimesed algelised tööriistad ilmusid umbes 2 miljonit aastat tagasi. Tänapäeva inimesega sarnased olendid elasid juba nooremas paleoliitikumis. Neid nimetatakse kromanjoonlasteks, keda liigitatakse tänapäeva inimesega täpselt samasugusesse bioloogilisse liiki – homo sapiens sapiens. Nende ajutegevus ja ka keeleoskus sarnanesid tänapäeva inimesega. Keele kasutamisel peab mõistma sümbolite tähendusi. Need aga erinevad loomade signaalidest. Kuid sümbolite tähendused tekivad just kultuuris eneses. Maailma paremaks mõistmiseks võimaldabki just keelekasutus. Keel võimaldab informatsiooni vahetada üsna rikkalikult ja erivarjunditega. Arvatakse seda, et kromanjoonlased kasutasid keelt palju rikkamalt kui neandertallased. Ilmselt sellepärast said kromanjoonlased ka palju edukamateks. Neid peetakse ka tänapäeva inimese otsesteks esivanemateks.

Visuaalsed kujundid ja keelelised tingmärgid erinevad üksteisest. Ka visuaalsete kujundite tähendused sõltuvad kultuurist. Sümboolse mõtlemise areng toimus paralleelselt koos visuaalsete kujundite loomisega. Neandertallased sooritasid mingisuguseid matusekombeid ning nad värvisid oma kehasid. Järelikult nad oskasid mõelda juba sümboolselt, kuigi seda üsna algeliselt. Kuid alles kromanjoonlased hakkasid looma visuaalseid kujundeid.

Paleoliitikumi kunst avastati esimest korda 19. sajandi lõpul. Näiteks Põhja-Hispaanias Altamira

koopas avastas 1879. aastal arheoloog Santuola seinamaalid. Nende maalingute päritolus ei tahtnud alguses mitte keegi uskuda, sest need olid pärit kiviajast. Sellepärast, et maalingutel oli kasutatud palju värve ja kujundid olid "joonistatud" üsna realistlikult. Kuid arheoloogia arenemine ja uute koopamaalide avastamine aitas siiski kinnitada fakti, et need maalingud on pärit tõesti kiviajast. Kuid hämmastus kaunite maalide üle kestis veel pikka aega, sest tundus, et ülihea kujutamisoskus oli tekkinud äkki ja tühjale kohale. Kuid nii see ka tegelikult oligi. Kaunid koopamaalid olid valmistatud juba paleoliitiku- mi ja jääaja lõpul. Näiteks sellised koopamaalid nagu Altamiras Hispaanias, Lascaux's Prantsusmaal jm Edela-Euroopas. Seda siis umbes 15 000 aastat tagasi. Kuid veelgi varajasemast ajast (umbes 40 000 – 20 000 aastat tagasi) ongi leitud just algelised ja üsna lihtsad loomakujutised. Näiteks on leitud kujutised loomadest, mis on koobaste või kaljude seintele kraabitud või värvitud. Leitud on ka väikseid mammutiluust kujukesi. Inimest on kujutatud paleoliitikumi kunstis väga harva. Austrias on leitud Willendorfis kivist naisekujuke. Selline leid on üks kuulsamaid ja esimesi leide üldse.

Tehnika, kuidas valmistati koopa- ja kaljumaale, oli üsna mitmekesine. Kõige lihtsamad neist olid kontuurid, mille järgi kraabiti kujutised kivisse. Kraabitud kontuur võib olla vahel värvitud. Pehmele pinnale (näiteks savist seinale) on joonistatud puupulga või sõrmega. Maalid, milledel võis näha palju värve, olid tehtud algelise pintsli või käsnaga. Värve saadi peeneks hõõrutud mineraalidest. Nendeks olid värvimullad, mis olid erinevate toonidega. Need segati vees või rasvas. Põhilisteks toonideks olid kollane, must, valge ja punane. Põhiliselt joonistati ja kujutati maalingutel loomi. Loomadeks olid näiteks piisonid, põdrad, hirved, metshobused ja mammutid. Täpselt ja veenvalt olid maalingutel kujutatud loomade liigutused, poosid ja isegi seda, et mis liiki mõni loom kuulus. Kuid näiteks ei ole ära näidatud loomade suurusvahekorda. Loomade paiknemised maalingutel on ilmselt juhuslikud. Kuid ruumi, mis ümbritseb loomi, ei ole üldse välja toodud. Suur enamus maale asuvad sügaval koopas. Seega sai neid maalida ja ka näha ainult tule valguses. Vahel on nendeni jõudmiseks vaja lausa roomata mööda mõnda madalat käiku. Maalinguid teostati väga sageli keerulistes tingimustes. Järelikult nendel maalingutel olid kujutatud inimeste kõige olulisemad mõtted ja tunded. Tol ajal oli metsloomade jahtimine elu üheks peamiseks osaks. Seega pidi kultuur teenima püügiedu. Need inimesed, kes veel tänapäeval elavad ainult küttimisest ja korilusest ning ei kasuta metallist tööriistu, annavad mõista paleoliitikumi inimeste tegusi. Seetõttu on nende elu mõnevõrra jälgitud. Sellised loodusrahvad mõtle- vad animistlikult, mis tähendab looduse hingestamist. Nad korraldavad maagilisi toiminguid, sest usutakse seda, et need suudavad loodust mõjutada. Näiteks loitsude, laulude, tantsude, kehamaalingute, riietuse ja ka kujutistega. Sellepärast arvataksegi, et ka paleoliitikumi inimeste loodud kujutised omasid maagilist tähendust. Arvatakse, et maalingute abiga suudetakse suurendada püügiedu ja loomade arvu.

Kiviajal valmistatud kujutised ei ole tehtud ainult tänu vaatlustele, kuid need annavad tunnistust sellest, et kiviaja inimestel oli erakordselt hea vaatlusoskus. Sellegipoolest on kõik kujutised siiski üldistused. Kujutatakse ette olulisi asju, kuid vähem olulised asjad jäetakse kujutamata. Näiteks kujutati loomi just nii kuidas neid parajasti nähti ja teati. Vahel on kujutatud loomade juures ka nende siseelundeid. Sellepärast arvataksegi seda, et kunst on vahend, mille abil õpiti tundma maailma loodust. Suur enamus kujutisi valmistati just sellistesse koobastesse, kuhu oli raske ligi pääseda. Ilmselt taheti luua müstilist ja ebatavalist õhkkonda, kui sooritati maagilisi toiminguid. Ilmselt sellise tegevuse abil püüti kokku tuua suguharu liikmed või pühitseda alaealiseid täiskasvanute hulka. Arvatakse, et niimoodi tekkiski inimesi ühendav kunst. Inimeste oluliste asjade väljendamiseks ongi olemas kunst.

3.2.3 Psüühika ja kultuur

Eesti teadlane Juri Lotman andis meile üsna lihtsa kultuuri definitsiooni: "kultuur on kõik see, mida ühiskonnas ühest põlvkonnast teise mittepärilikul viisil edasi kantakse". Järelikult mõistetakse kultuuri all informatsiooni, mis ei anta edasi geneetiliselt. Kuid see tähendab ka seda, et kultuuri ei oma ainult inimene. Näiteks omab kultuuri ka paljud laululinnud. Need linnud ju õpivad linnulaulu selgeks seal, kus nad parajasti üles kasvavad. Kuid see järeldub Lotmani kultuuri definitsioonist. Kuid laululindudel esineb ainult üks oskus, mida antakse edasi põlvest põlve just õppimise või matkimise teel ja ei ole seotud geneetikaga. Kuid näiteks inimahvidel on selliseid mittegeneetikast tingitud oskusi juba palju rohkem kui laululindudel. Näiteks vabas looduses elutsevatel šimpansidel esineb juba umbes paarkümmend erinevat oskust, mis ei ole geneetilise päritoluga. Neid oskusi või käitumisviise antakse karjas edasi õppides ja teisi jäljendades. Kuid ega kõik šimpanside kogukonnad ei ole kultuuriliselt ühesugused. Näiteks Aafrika šimpanside kogukonnad erinevates paikades on kultuuriliselt erinevad. Seda näitab šimpanside poegade hoolitsemine, nende omavaheline suhtlemine, suhtlemiseks märkide kasutamine ja tööriistade valmistamine.

Inimeste kultuurid on loomade omast tunduvalt keerulisemad ja loomult teistsugusemad. Näiteks ainult inimesed kasutavad keerulist märkide süsteemi. Keel ehk märkide süsteem on ka peamine jõud, mis kannab edasi inimkultuuri. Kuid geenidega antakse edasi pärilik informatsioon. Samas kasutavad sümboleid ka gorillad ja šimpansid. Need inimahvid on inimese kõige lähedasemad sugulased. Kuid paarsada viipekeele märki on neist võimelised omandama ainult andekamad. Need märgid tähendavad mingeid asju või mõisteid. Nad peaksid oskama neid mingites konkreetsetes situatsioonides ära kasutama.

Kultuur mõjutab inimese psüühikat. Seda on eriti hästi näha siis, kui inimene ei ole kokku puutunud keelega ja on üles kasvanud ilma keelt tundmata. Kuid sellist katset ei tohi paraku keegi korraldada, sest see pole kuidagi eetiline. Kuid maailmas on olemas juhtumeid, mille korral on inimlapsed üles kasvanud ilma inimkeelt kasutamata. Ajalugu teab jutustada umbes 50 piisavalt hästi kirjeldatud juhtumit. Inimkeelest puudu jäänud laste psüühika olid väga kahjustada saanud. Näiteks keele puudumise tagajärjel jääb inimene ilma sellisest informatsioonist, mis inimühiskonnas on muidu saadaval just keele vahendusel. Keele puudumine kahjustab äärmiselt tugevalt just inimese vaimset arengut. Sellepärast, et just keele abil saab kujuneda inimese mälu, mõtlemine ja ka teised püühilised funktsioonid.

Üks legend jutustab Egiptuse valitsejast Psammetih Esimesest, kes elas umbes 7. sajandil eKr. Valitseja soovis teada, et missugune keel on maailmas kõige vanem. Kuid selle teada saamiseks teostas ta ühe eksperimendi. Ta lasi kaks vastsündinud last toimetada ühe karjuse onni. Lastega ei tohtinud mitte keegi kõnelda. Kaheaastastena ütles üks neist lastest oma esimese sõna "bekas", mis tähendas früügia keeles leiba. Ja niimoodi arvaski valitseja früügia keele kõige vanemaks keeleks. Kuid antud katse tulemust pisut kaheldakse. Sellegipoolest arvatakse, et see oli üks esimesi psühholoogilisi katseid ajaloos.

Lõuna-Prantsusmaa väikeses Saint-Sernini külas esines 1800. aastal üks kummaline juhtum. Küla elanike põllumaadel kiskus maa seest välja juurikaid 11-12-aastane poiss, kellel ei olnud riideid seljas ja juuksed olid väga pikaks kasvanud. Poiss püüti otsekohe kinni. Hämmastuseks ei osanud poiss üldse kõnelda. Ta näitas huvi üles ainult toidu vastu. Teda ei huvitanud see, et mis paikades ta normaalset elu elada saaks. Riideid selga panna talle ei saanud, sest ta rebis need kohe lõhki. Külaelanikud viisid poisi kummalise käitumise pärast Aveyroni linna. Poisile anti ka nimi, milleks sai Victor. Teda hakkas hoolitsema arst, kelle nimi oli Jean-Marc Gaspard Itard. Arst püüdis poisile õpetada inimeste kombeid ja inimkeelt. Seda tehes püüdis ta olla väga kannatlik. Kuid Victor ei suutnud inimkeelt ära õppida, isegi kõige lihtsamaid kõneliike. Poiss keeleliselt ei arenenud, vaid ta suutis korrata ainult teiste inimeste üksikuid silpe, fraase või sõnu. Victor neid ise suhtlemisel ei kasutanud. Kõigest sellest järeldas arst, et lapse varajases eas mõjutab inimkeelest ilmajäämine äärmiselt kahjulikult tema vaimsetele võimetele. Kahju ei suuda isegi korvata lapse hilisem õppimine. Sellelaadsed juhtumid annavad tõestust sellele, et inimkeele omandamiseks on olemas väga kriitiline periood. Näiteks kui inimene ei ole võimeline keelt omandama juba esimestel eluaastatel, siis ei saa ta sellega hakkama ka hilisemas eluperioodis.

Juri Lotmani arvates on kultuur informatsioon, mis kantakse põlvest põlve edasi mittegeneetilisel viisil. Sellise arusaama järgi hõlmab kultuur inimese kõiki teadmisi, uskumusi,

oskusi, tavasid, harjumusi, eetikat, moraali jne. Neid kõiki on inimesed omandanud ainult õppimise või jäljendamise teel. Need ei ole inimestel geneetiliselt päritavad. Juri Lotmani kultuuri määratlusest saame aimu kultuuri tähendusest. Kuid antud kultuuridefinitsioonil on olemas üks puudus. Nimelt ei saa selle järgi määratleda täpsemalt selliseid kultuurigruppe, mida parajasti uuritakse. Näiteks ei suudeta eristada kahte kultuurigruppi. Kuid Ype Poortinga järgi on kultuur kui mingite piirangute (ilmselt reeglite) kogum, mis keelab ja lubab inimestele mingeid konkreetseid asju. Kuid need reeglid peavad olema inimeste poolt vastu võetud. Näiteks Koreas süüakse koeraliha, kuid Eestis seda ei tehta. Eestis süüakse meelsasti sealiha, kuid seda ei tehta jällegi Iraanis. Selliseid piirkonniti erinevaid kultuuride nüanse on veel tuhandeid. Psühholoogias käsitletakse kultuuri mingil territooriumil eksisteerivat tervikut, millel on eristuv iseloom või eksisteerib isolatsioonis. Territoorium on tavaliselt suurel või vähemal määral piiritletud. Seda kirjeldatakse mingisuguste väärtuste, hoiakute, normide ja tavade kaudu, mis iseloomustab vastavat kultuuri. Väga sageli on kultuuri piiriks just geograafilis-poliitiline riigipiir, kus vastav kultuur esineb. Seda me näeme näiteks rahvusriikide korral – Jaapan, Island, Iraak jpt. Kuid vahel võivad mõne riigi (ehk kultuuri) sees olla veelgi suuremad erinevused, kui seda on riikide (ehk kultuuride) enda vahel. Näiteks Belgia riik on Eestist palju väiksem – lausa kolmandiku võrra. Belgias elavad kaks kultuurigruppi, milledeks on flaamid ja valloonid. Need kaks kultuurigruppi on selgelt omavahel eristuvad ja selgelt geograafiliselt ja keeleliselt määratletud. Paljud maailma riigid muutuvad üha enam kultuuriliselt heterogeensemaks. Tänapäeval toimub väga kiire areng ja suur levimine rahvusvahelises turismis ja migratsioonis. Nii või teisiti on paljude riikide kultuurid ajalooliselt väga mitmekesised.

3.2.4 Kõrgemad tundmused

Kõrgemad tundmused esinevad ainult inimolenditel planeet Maal. Need teevad võimalikuks luua otsustusi isiksuse arengutaseme kohta. Kõrgemad tundmused on inimese isiksuse olemuse üks koostisosadeks. Sellised tundmused liigitatakse kolme suurde rühma – kõlbelised, intellektuaalsed ja esteetilised tundmused.

Kõlbelised tundmused ilmnevad just inimeste omavahelises suhtlemises. Neis avaldub inimese suhtumine, mis sõltub inimese enda isiksuse kõlbelise teadvuse arengust. Kõlblusnormid määravad ära väga erinevaid ja sügavaid tundmusi. Need on aga omandatud just arengu jooksul. Kui mingid asjad vastavad inimese kõlbeliste väärtuste ja normidega, siis inimene tunneb rahulolu. Kui aga ei ole vastavuses isiksuse kõlbeliste väärtustega, siis tunneb inimene suuri kannatusi, ebameeldivusi.

Intellektuaalsed tundmused ilmnevad inimesel fantaseerides, mõteldes, probleemidele lahendusi otsides jne. Inimese mõtte tööga ongi seotud just intellektuaalsed tundmused. Peaaegu kõik inimesed teavad sellist mõttetera, et "*mõtelda on mõnus*". Näiteks avastus, joovastus, kahtlus, imestamine, uudishimu on arenenud inimese intellektuaalseteks tundmusteks. Kuid sellised tundmused võivad viia ka emotsioonidele nagu kirg, afekt, frustratsioon jne või inimene võib juba neid tundmusi teadlikult soovida. Näiteks hiljuti ostetud lauaarvuti lõhn võib lapsel esile kutsuda siira rõõmu või lausa eufooria.

> „*Millegi uue loomiseks ei piisa intellektist, selleks peab sisemise vajaduse mõjul tegutsema mänguinstinkt*.“ Karl Jung

Kui aga inimene tunnetab ilu ja harmooniat, siis on tegemist juba esteetiliste tundmustega. Paljud asjad maailmas võivad inimesel esile kutsuda naudingut või hämmingut. Näiteks erakordsus, temperamendi sügavus, graatsilisus, korrapära, teostuse puhtus või erilisus, emotsionaalse resonantsi tekitamine, ebatavaliselt kaunis märgatud vaade või motiiv jne jne. Kuid kõik need

tundmused on suures sõltuvuses inimese enda esteetilistest väärtustest. Väga paljud saavutused inimkultuuris on loodud inimese mingisuguses inspiratsiooniseisundis. Just tundmuste olemasolu tõttu on olnud võimalik esineda suured intellektuaalsed saavutused inimajaloos.

3.2.5 Inimese loovus ja andekus

Inimese andekus sõltub samaaegselt nii intelligentsusest kui ka loovusest. See, kui suurt edu saavutab inimene mingisugusel tegevusalal, määrab ära inimese enda andekus. Kuid inimese intelligentsuse mõistet määratletakse aga laiemalt. Selle sisu on palju abstraktsem. Kõige lihtsama intelligentsuse määratluse järgi on intelligentsus inimese vaimsete võimete süsteem. Mida intelligentsem on inimene, seda enam ta probleeme lahendada suudab ja seda enam ta suudab saavutada selliseid tulemusi, mis on kasulikud ja planeeritud. Kuid intelligentne inimene on võimeline ka probleeme püstitada. See avardab inimese tunnetuslikku tegevust. Kuid inimese intelligentsusel on palju erinevaid liike. Näiteks intelligentsuse liike liigitatakse enamasti vastavalt inimese tegevusalade järgi – näiteks muusikaline, kehalis-kinesteetiline, ruumiline, lingvistiline, loogilis-matemaatiline, intrapersonaalne, interpersonaalne intelligentsus. Niimoodi jaotas intelligentsuse Garnder. Loovus on aga inimese isiksuse omaduste kogum. Mida loovam on inimene, seda enam ta suudab erinevaid probleeme lahendada ja saada tulemusi. Suure loovusega inimene suudab luua uusi ideid. Näiteks meie elu muudavad paremaks ja mugavamaks uute ideede, toodete, seadmete või kunstiteoste loomine. Kuid loovuse mõiste on siiski kahetähenduslik. Näiteks on olemas loomine kui inimtegevus ja looming kui loomeprotsessi tulemus. Inimese loovtegevuses toimuvad kognitiivsed protsessid. Kuid looming võib olla valmis raamat, film, toode, idee, kunstiteos jpm.

Intelligentsus näitab seda, et kui hästi suudab inimene erinevaid informatsioone käsitleda ja opereerida ning loogiliselt järeldada. Loov mõtlemine suudab erinevatele probleemidele leida uudseid lahendusi ja neid ka rakendada. See on ka loova mõtlemise eesmärkideks. Intelligentsus on inimese loovuse üks osasid. Näiteks intelligentsus võimaldab meeldetuletada vajalikku infot ja püstitada probleeme. Intelligentsus võimaldab ka erinevaid ideid ja nende lahendusi süstematiseerida. Niisamuti ta ka analüüsib saadavate lahenduste sobivusi ning suudab neid ka realiseerida. Kui aga inimene suudab viia kokku uudse info juba olemasolevasse kognitiivsesse süsteemi, mis on kooskõlas inimese intelligentsusega, siis nimetatakse seda assimilatsiooniks. Kui olemasolevatest süsteemidest aga ei piisa ning neid tuleb muuta uuele infole sobivamaks (mis omakorda vastab inimese loovusele), siis nimetatakse seda akommodatsiooniks. Ainult teatud intelligentsuse tasemel avaldub inimese loovus. Kui IQ näitaja on juba vähem kui 120, siis on loovad võimed juba piiratud. Kui aga IQ näitaja on suurem kui 120, siis loovad võimed ei sõltu enam intelligentsusest. Intelligentsus, loovus ja ülesandest innustatus määravad ära näiteks laste andekuse. Kuid lapse andeid mõjutavad omakorda kodu, kool ja kaaslased. Lapse andekuse üheks määravaks faktoriks on ülesandest innustatus. Sellepärast, et kui inimene ei soovi vastava alaga tegeleda, milles avalduks tema loovad võimed, siis ei ole ju nendest loovatest võimetest mingit kasu. Loovad võimed võivad sellisel juhul isegi ära kaduda. Inimese andekust mõjutab tegelikult veel üks tegur. See on võimalus õppida ja töötada antud ala spetsialistide juhendamisel.

Intelligentsuse mõistet kasutatakse aga psühholoogias väga sageli. Intelligentsus ei tähenda seda, et kui palju on inimesel teadmisi, vaid näitab inimese üldisemat vaimset omadust. Väga paljudes asjades avalduvad inimese vaimsed omadused. Näiteks planeerimisel ja olukordade prognoosimisel, mõtete üldistamisel, arutlemisel, keeruliste ideede mõtestamisel, varasemate kogemuste õppimisel, probleemide lahendamisel jpm. Intelligentsus on inimese vaimne tunnus, mitte füüsiline tunnus, mida siis oleks võimalik näiteks joonlauaga mõõta. Inimese intelligentsust mõõdavad psühholoogid läbi inimeste testide ja ülesannete, mis nõuavad teatud arukust ja taiplikkust. Paljud testid

sooritatakse korraga paljude inimeste vaimsete võimete peal. Säärased testid kirjutatakse pliiatsiga paberi peale. Kuid sooritatud testide tulemusi ei saa siiski 100% usaldada. Sellepärast, et mõõtmistel võivad kergesti tekkida vead nagu igasuguse katse ja mõõtevahendi korral. Kuid peale selle peab arvestama ka seda, et inimese vaimse võimekuse hinnangud on alati suhtelised. Seda sellepärast, et sooritatud testi tulemused omavad tähendust ainult mingi suure hulga inimeste sooritatud tulemuste suhtes. Seda, et kui hästi inimene elus hakkama saab, ei näita intelligentsus üldsegi ainukesena. Kuid üldine arukus ja taiplikkus on siiski kindlalt üheks teguriks inimese üldiseks eduks.

Väga erineva ajustruktuuriga loomad on võimelised käituma väga keeruliselt, mille jooned on omavahel väga sarnased. See võib viidata sellele, et üks ja sama intelligentsuse vorm võib tekkida erineval moel.

H. Bergson arvab seda, et tööriistade valmistamise võime näitab inimese ühte kõige loomulikumat intelligentsust. Abstraheerimisvõimeks nimetatakse seda, et kui inimesel on ajus kujutlus valmistavast tööriistast juba varem olemas, kui ta seda looma hakkab. Ka selline asjaolu näitab inimese arukust. Psühholoog Jean Piaget nimetab abstraheerimisvõimet tegevuse virtuaalse realiseerimise võimeks või vahel mentaalseks manipuleerimiseks sümboolsete objektidega. Inimese intelligentsus avaldub näiteks kaaludes eelnevalt tegevuse või hüpoteesist tulenevaid tagajärgi, mõelda lähteandmetes sisalduva kasuliku teabe üle. Minevikus asetleidnu määrab tegevusi olevikus ja tulevikus. Seepärast ei saa elada teadmatuses, et mis on varem asetleidnud. „*Kes ei mäleta minevikku, see elab ilma tulevikuta*.“

Inimese andekus ja vaimuhaigused on omavahel seotud. Näiteks Karolinska Instituudi teadlaste (doktorant Simon Kyaga juhtimisel) 2012. aasta uuringu kohaselt esineb loomingulistel elualadel töötavatel inimestel suguvõsas statistiliselt palju rohkem erinevaid vaimuhaiguseid (nagu näiteks skisofreenia, bipolaarne häire, autism ja anoreksia) kui elanikkonnal keskmiselt. Näiteks bipolaarne meeleoluhäire esineb väga paljudel inimestel, kes tegelevad erinevate kunstide või teadustega nagu fotograafid, tantsijad, kirjanikud, näitlejad, lauljad, teadlased. Kuid kirjanikel esineb peale selle ka veel depressioon, ärevushäire, skisofreenia, sooritavad rohkem enesetappe ja kuritarvitavad erinevaid mõnuaineid.

Kuid toome ühe näite erakordse talendiga inimesest. Kunagi elas üks tüdruk nimega Nadia. Tal avaldus suurepärane joonistamisvõime. Ta hakkas joonistama juba varakult, kuid ta põdes autismi. Ta ei osanud peaaegu üldse rääkida, lugeda ega ka kirjutada. Kuid joonistused tulid tal välja uskumatult realistlikult. Joonistused sisaldasid rohkelt detaile ja olid välja toodud väga täpselt. Sellega ämmastas ta palju inimesi. Joonistused ei olnud nagu koopiad asjadest millest joonistati. Nadia joonistas palju asju täiesti mälu järgi. Näiteks pastapliiatsiga joonistatud loomad ja linnud olid üsna hästi viimistletud, ilmekad ja õigetes proportsioonides. Nadial oli ilmselt uskumatult hea perspektiivitunne. Ta oskas ennast väga hästi väljendada. Tema joonistusi on võrreldud isegi kuulsate meistrite töödega. Kuid ta põdes autismi. Nadia oskas väga vaevaliselt tulla toime isegi kõige lihtsamate eluliste asjadega. Kuid pärast lihtsaimate sotsiaalsete oskuste õppimist ei hakanud ta enam joonistama. Kui inimesel esineb autism, siis kaasneb sellega alati mingid sotsiaalsed häired. Näiteks esineb suhtlemisvaegus, ei osata enda eest hoolitseda jne.

Tänapäeva loovuskäsitlused võtavad kokku nii isiksuslikud kui ka sotsiaalsed aspektid. See tähendab seda, et arvestatakse inimese pärilikke tegureid, kognitiivseid protsesse, isiksuse omadusi; perekonna ja hariduse mõju, tegevusala iseloomujooni, keskkonna majanduse ja sotsiaalseid mõjusid, kultuuritegureid, ajaloolisi ja poliitilisi sündmusi. Hariduse mõju inimesele on üks olulisemaid osasid erinevates loovuskäsitlustes. See on seotud ka inimese kognitiivsete, isiksuslike, sotsiaalsete ja kultuuriliste mõjudega.

Hans J. Eysenck eristab kahte loovuse mõistet. Loovust käsitleb Eysenck iseloomujoonena ja ka saavutusena. Tema arvates on mingil määral kõikidel inimestel olemas selline iseloomujoon, mida ta nimetab originaalsuseks. Potentsiaalseid loovaid inimesi on tegelikult üsna palju, kuid vähe on neid inimesi, kes reaalselt ka uusi asju välja mõtlevad. Sellest järeldab Eysenck seda, et loovus kui saavutus on paljude tegurite korrutis. Vastavad tegurid on isiksuseomadused, kognitiivsed tegurid ja keskkonnategurid.

Kognitiivsete tegurite korral on oluline teadmiste saamine. Niisamuti ka inimesele õpetavatel

teadmistel või oskustel. Inimene õpib enamasti meistrite juhendamise all. Hariduslikud tegurid käsitletakse keskkonnategurite alla eraldi rühmana.

Loovus on peale isiku tegevuse tulemuse ka sotsiaalse süsteemi otsus isiku tegevuse tulemuse kohta. Sellest lähtub oma loovuskäsitluses just Mihaly Csikszentmihaly. Inimese loovus ilmneb siis, kui tegevuse protsess on süsteemne. Loovus toimib üksikisiku, välja ning valdkonna kaudu. Üksikisik kasutab loomisel informatsiooni. Kuid kasutatav info võib olla olemas juba enne kasutatava sündi. Informatsioon esineb kultuurisümbolite süsteemis ja antud valdkonna märgisüsteemis. Inimese loovus avaldub siis, kui tal on võimalus vastava valdkonna juurde ligi pääseda. Näiteks vastava valdkonna kättesaamine on oluline just õppimisel. Näiteks õppimise võimalused, õpetamise tase ja meetodid, raamatute, arvutivõrgu, muuseumide, kultuurisündmuste ja muude ligipääsetavus. Kuid teadmiste ja informatsiooni saamine mingi vastava valdkonna jaoks võib olla ka piiratud. Näiteks kui mingi vastava valdkonna teabe esineb ainult vähestes allikates. See aga ei võimalda tekitada uusi teadmisi ja piirab tingimusi, mille korral inimesel avalduks loovad võimed. Välja all mõeldakse mingi teatud välja üksikeksperte või sotsiaalset organisatsiooni. Nemad anaüüsivad loovaid tulemusi, kuid seda siis vastavate kriteeriumite alusel. Nemad anaüüsivad ja kontrollivad inimeste poolt välja toodud uusi ideid. Neid nimetatakse ekspertideks. Neil on võimalus mõjutada vastava välja ehitust. Näiteks kunstis mõjutavad nad kunstikriitikuid. Eksperdid on isikud. Välja poolt kontrollitud mingi idee jõudmiseks laiale "publikule" kulub selleks aastaid. Näiteks uued ideed tulevad nähtavale teatmeteostes. Kuid väli peab olema ka valmis uudseid ideid vastu võtma. See aga sõltub kolmest peamisest asjaolust. Näiteks välja reeglid peavad aktsepteerima uuendusi, ühiskonna huvist ja peab olema vastava valdkonna reeglite ja teiste institutsioonide suhtes iseseisev. Inimese loovuse avaldumist toetab valdkondade spetsialistide koolitamine ja omakorda spetsialistide enesetäiendamine. Ühiskonnas esinev loovus ja selle esinemissagedus sõltub peamiselt ühiskonna jõukusest. Näiteks jõukas ühiskond võimaldab potentsiaalsele loovale inimesele selliseid asju, mida vähem jõukas ühiskond tagada ei suuda. Näiteks laiema spetsialiseerumise, teabe ligipääsetavuse, erinevaid teadusliku eksperimenteerimise võimalusi, töövahendite parema kvaliteedi ja kõgema töötasu eest. Jõukal ühiskonnal on suur mõju inimese loovusele ja seda veel läbi mitme põlvkonna. Näiteks rikas ühiskond võimaldab endale luua koole, ülikoole, erinevaid teadus- ja kultuuriasutusi jne jne.

Antud juhul käsitletakse valdkonda informatsioonina, mis on erinevate ekspertide poolt anaüüsitud. Nad selekteerivad ja tunnustavad teatud informatsioone. Antud valdkond lihtsalt säilitab informatsiooni, mis on kättesaadav ka tulevastele põlvkondadele. Vastava valdkonna ligipääsetavus mõjutab uudsete ideede aktsepteerimist ja kasutamist. Mõjutada võib saada ka vastava valdkonna prioriteetsus ja autonoomsus kultuuriruumis. Üksikisik võib olla igas vanuses inimene. Inimene võib teha mingis valdkonnas uuendusi, kui ta on vastava ala info omandanud. Uued ideed esinevad inimese teisiti mõtlemisel ja tegevusel. Kuid uusi ideid analüüsivad ja kontrollivad välja liikmed ehk eksperdid, kes siis piisavalt hea uuenduse ka vastava valdkonnaga kokku liidab. Kui inimene ei saa ligi teatud infole, siis on tal piiratud mingi uuenduse loomine. Kuid uuenduste loomine sõltub kolmest peamisest asjaolust: inimese isiksuse omadustest, majanduslikest ja sotsiaalsetest teguritest. Näiteks hea majandusliku ja sotsiaalse taustaga inimesel on suur võimalus saada head haridust, omandada erinevate valdkondade informatsioone. Kuid nende kolme teguri hulka kuulub ka veel neljas tegur – inimese sotsiaalsed sidemed teiste inimestega. Seda siis isiklikul tasandil või tööalaselt. See võimaldab uute ideede väärtustamist antud välja ekspertide poolt.

Loov mõtlemine esineb loomisfaasis olevas kognitiivses protsessis. Loovat mõtlemist on püütud määratleda just kognitiivse protsessina. Loov mõtlemine võimaldab luua uusi ideid, tooteid, seadmeid või kunstiteoseid. Loov mõtlemine sisaldab näiteks inimese mõtlemise paindlikkust ja originaalsust, probleemi tunnetust ja mõtete voolavust. Loov mõistus tunnetab, et olemasolevates informatsioonides on puudused. Mõtete voolavuse korral suudab inimene koondada kiiresti informatsiooni, taas luua mälusse imbunud teadmisi ja välja tuua assotsiatsioone. Kuid mõtete originaalsus esineb siis, kui leitakse uusi seoseid, mida varem pole esinenud. Luuakse uusi ideid ja leitakse probleemidele lahendusi. Vahel tuuakse välja vanu ideid hoopis uues vormis. Mõtlemise paindlikkus seisneb selles, et suudetakse luua uusi ideid erinevatest aine- ja tegevusvaldkondadest. Kuid heaks loovaks mõtlemiseks on vaja ka häid vaimseid võimeid. Palju tuletatakse meelde mällu

imbunud informatsioone ja kogemusi. Teadmisi suudetakse piisavalt analüüsida ja omavahel võrrelda. Looval inimesel peab olema mõtlemise originaalsust tagavat võimet. Enamasti suudab loov mõtleja leida varem esinemata seoseid olemasolevatest kogemustest, teadmistest ja faktidest. Looval inimesel on olemas võtted selleks, et kuidas luua uusi ideid. Tal on olemas kogemus seda kasutada.

3.3 Tsivilisatsiooni mõiste

Sõna "*tsivilisatsioon*" tuleb ladina keelest "*civilis*", mis tähendab riiklikkust või ühiskondlikkust. Vanadel aegadel mõisteti tsivilisatsiooni ja tsiviliseeritust kui barbaarsuse ja metsluse vastandit. Tõenäoliselt võttis sõna "*civilitas*" kasutusele esimesena Erasmus Rotterdamist, kes elas aastatel 1466-1536. "*Tsiviliseeritud kommetest*" räägitakse tema raamatus "*Vestlused*", mis ilmus 1530. aastal. Hiljem hakati seda sõna ohtrasti kasutama, sest see näitas oma aja uusi väärtusi ja elutunnetust. Prantsuse poliitik Honoré Mirabeau (1749-1791) kasutas mõistet oma raamatus "*Inimeste sõbrale*", mis ilmus 1756. aastal ja sellest ajast peale hakati mõistet laiemalt kasutama. Tegemist oli valgustusaja perioodiga. Nimetatud raamatus jutustab ta tsivilisatsioonist, kuid ta seostab seda ka religiooniga: "*religioon on... tsivilisatsiooni peamine vedru; ta sunnib meid lõputult meenutama sõprust, soojendab meie südant ja meelt.*" Mirabeau jaoks tuleneb tsivilisatsioon religioonist, mis mis kujundab inimeste käitumis- ja vaimureegleid. Mirabeu: "*Tsivilisatsioon ei tee midagi ühiskonna heaks, kui ta ei anna talle vooruse näol aluseid ega vorme.*" Selles mõttes tähendas tsivilisatsioon eetikat, mis ei sisalda ebamoraalsust ja kombetust. Ta viitas selgelt reeglite, õigusnormide ja moraalsele ühiskonna arengu astmele. Sellele, mida tänapäeval nimetatakse kodanikuühiskonnaks.

Tsivilisatsiooni mõiste tähendab inimsoo ajaloolise arengu kirjeldamisel ühiskonna arenenut astet, mis ei sisalda barbaarsust. Näiteks ajaloost on teada, et muistse ühiskonna arengu tasemele järgnesid juba riikliku korralduse ja kirjaoskusega varased tsivilisatsioonid nagu näiteks Sumer, Egiptus, Kreeta-Mükeene jpt. Paljud arvavad, et tsivilisatsiooni ja kultuuri mõisted selles mõttes omavahel peaaegu samastusid. Kuid tsivilisatsioon ei tähenda siiski nii väga just loomingut, vaid pigem "*maailma korrastatust*". Ka keskajal samastati neid mõisteid, kuid sellisel ajal nähti kõike Jumala tahte ilmutustena. Näiteks nimetas Püha Augustinus kui Jumala riiki milles me kõik elame.

Kuid alles renessansiajastul hakati juba vaikselt tsivilisatsiooni ja kultuuri mõisteid käsitlema üksteisest lahus. Kultuuri mõisteti siiski kui kogu inimese loomingut ja tsivilisatsiooni mõistet kasutati ühiskonna ajaloolise arengu kirjeldamisel. Kuid tuleb märkida seda, et nende kahe mõiste eristamist ei tähendanud nende vastandamist. Valgustusajal esinesid kultuuri ja tsivilisatsiooni mõisted koos, mis täiendasid üksteist. See tähendab seda, et uuriti nii üksikisiku kui ka ühiskonna arengut ja nende omavahelisi mõjusid. Kuid nende kahe mõiste vastandamine toimus alles 19. sajandil, mille "*autoriteks*" olid filosoofid ja romantikud.

19. sajandi viimastel kümnenditel hakati kahtlema maailma normaalses arengus. Ühiskonda kritiseeris väga teravalt Friedrich Nietzsche. Aja jooksul hakatigi kultuuri ja tsivilisatsiooni üksteisele vastandama. Tsivilisatsiooni hakati mõistma sotsiaalsete ja materiaalsete hüvedena ja nende kogumisena. Tootmise arengul oli sellel väga suur roll. Näiteks sotsioloog Georg Simmel (1858-1918) oli arvamusel, et kultuur sisustas vaimselt tsivilisatsiooni, kuid tsivilisatsioon ise etendas tema meelest kultuuri materiaalset külge. See oli nagu kultuuri väline osa. Kultuuri all hakati mõistma kõike loominguga seonduvat nagu näiteks haridus, teaduse saavutused, filosoofia, kunst jt. Tsivilisatsioon aga etendas ühiskonna tehnilist, majanduslikku ja sotsiaalpoliitilist arengut. O. Spengler eristas neid kahte mõistet ja prognoosis Euroopa tsivilisatsiooni surma. Ta käsitles Euroopa tsivilisatsiooni all pigem kui kultuurilist-ajaloolist liiki. Hakati arvama tsivilisatsiooni surmavatest mõjudest kultuuri vastu. A. Toynbee aga nii negatiivselt häälestatud ei olnud. Ta ei olnud vastu enamiku tsivilisatsioonide suremisest, arvas ta veendunult, et ülejäänute tsivilisatsioonide elu päästab just usk ja kõlblus. S. Huntington arvas, et tsivilisatsioonid säilivad

tänu sellele, et suudetakse ületada kultuuride omavahelisi erinevusi.

Tsivilisatsiooni mõistet võime seletada erinevate tähenduste saatel. Tsivilisatsioon on:

> kui ühiskondliku elu ja indiviidi arengu progress (Humboldt, Holbach); barbaarsust mittesisaldav ühiskonna arengu ja elulaadi tase (Morgan); ühiskonna materiaalne ja tehniline pool, mis on vastupidine kultuurile, mis etendab loomingulist poolust (Simmel); mingisuguse kultuuri liigi arengu viimane aste, selle kultuuri hukk (Spengler); omaette eksisteeriv sotsiokultuuriline maailm, selle "*ühtsuslik pürgimus*" (Toynbee); inimeste kultuurilise identiteedi kõrgeim arengu tase (Huntington).

Enne valgustusaega samastati kultuuri ja tsivilisatsiooni omavahel, kuid neid vastandati alates saksa romantikutest. Kultuur etendas kõike loomingut, kuid tsivilisatsioon aga piirdus tehnitsismiga. Tänapäeval on olemas veel üks vorm – nimelt maailmas on palju ja mitmekesiseid omaette eksisteerivaid tsivilisatsioone. See on aga vastupidine ülemaailmse (üha ainsa) tsivilisatsiooni tekkele.

Tsivilisatsioonid ei piirdu rahvuse, riigi ega ka mingisuguse kindla sotsiaalse grupiga, ületades rassilisi ja geograafilisi piire. Need etendavad kui sotsiaalseid ja kultuurseid "supersüsteeme". Tsivilisatsioon on nagu mingisugune suur terviklik ühiskondlik moodustis milleta ei saa me tänapäeval mõista ajaloos toimunud suuri arenguid ega prognoosida tuleviku nägemusi.

Tsivilisatsiooni mõiste on küllalt hägune. Selle mõistega seletatakse ajaloos esinevaid ühiskonna arenguid. Selline ideaalne tüüp ei pea ainult põhinema mingile kogemusel põhineval reaalsusel. Näiteks ei tea keegi tänapäeval eksisteerivate tsivilisatsioonide arvu. Tsivilisatsiooni mõiste ei pea põhinema jäigalt loodusteaduslikul tähendusel. Sellepärast ei ole osatud tsivilisatsiooni mõistet defineerida nii, et see oleks üldiselt tunnustatud. Tsivilisatsiooni võib käsitleda kui isoleeritud maailma mingi kindla ühiskonna kujundida. See tähendab seda, et tsivilisatsioon on inimeste mingi kindel kultuuriline ühendus, mis koosneb kindlatest kultuurilistest ja sotsiaalsetest kogumitest. See toimib sõltumatult ja lokaliseerub mingisse kindlasse planeedi pinna piirkonda.

Tsivilisatsioone on võimalik palju liigitada. Tänapäeval liigitatakse tsivilisatsioone vastavalt religioosse, keelelise, ühiskondliku ja majandusliku korralduse ning looduslike olude järgi. Näiteks kunagi eksisteerisid Egiptuse, Mesopotaamia, Hiina jt tsivilisatsioonid. Need olid kui sotsiokultuursed maailmad, mis tekkisid vastavalt riiklusele. Neid nimetatakse varajasteks tsivilisatsioonideks.

Palju liigitatakse tsivilisatsioone agraarseteks ja tööstuslikeks tsivilisatsioonideks. Agraarne tsivilisatsioon põhineb peamiselt põllumajanduslikul ühiskonnal. Tööstuslik tsivilisatsioon põhineb aga linnastumisel ja tehnoloogia osavõtul. Arvatakse, et on olemas ka kolmas tsivilisatsiooni liik ja selleks on informatiivne tsivilisatsioon ehk infoühiskond, mille poole tänapäeva maailm pürgib. Metakultuuridel on tähtis osa tsivilisatsioonide hulgas. Osa metakultuure tekivad keelelisel alusel. Näiteks Ladina-Ameerikas eksisteerivad hispaania metakultuur, mis ühendab Ladina-Ameerikat Hispaaniaga ja hispaania keelt kõnelevaid rahvaid.

Metakultuuridena mõistetakse ka kui tsivilisatsioone, mis on tekkinud samade looduslike olude alustel. Näiteks mägirahvaste või Kaug-Põhja rahvaste kultuur. Kuid on ka tsivilisatsioone, mis tekivad mingi religiooni alusel. Religioon võib sündida ühe rahva seas. See võib aga levida ka teistele rahvastele ja niimoodi võib kujuneda erinevate rahvaste vahel teatud kultuuriline ühtsus. Nii tekkisidki maailmakultuurid nagu näiteks budistlik, kristlik ja islami kultuur. Metakultuuril kui mõistel on selles mõttes väga ulatuslik sisu. See osa, mis neist üle jääb, ei saa enam eristada ja seega on see ühendav. On olemas ka teisi tsivilisatsioonide liigitusi, mis oleneb sellest, et mille alusel toimub liigitamine. Näiteks Lääne või Ida tsivilisatsioon.

Tsivilisatsioon tähendab tänapäeval laiemas mõttes mingit teatud inimühiskonda, millel on nii materiaalne kui ka vaimne kultuur. Kuid kitsamas tähenduses mõistetakse tsivilisatsiooni all mingit suurt isoleeritud inimühiskonda, mis on jõudnud teatud ajaloolisele arengu astmele, esinevad ühesugused kultuurinormid ja paikneb teatud geograafilisel alal.

Ülitsivilisatsiooniteooria arusaama järgi on „tsivilisatsiooni" mõiste laiem kui „kultuuri" mõiste. Kultuur hõlmab inimeste vaimset tegevust ja loomingut, kuid seda hõlmab tegelikult ka tsivilisatsiooni mõiste. See tähendab seda, et tsivilisatsiooni mõiste hõlmab nii vaimset tegevust ja

loomingut (ehk seega kultuuri) kui ka inimeste tehnoloogilisi ja tööstuslikke saavutusi. Selles mõttes sisaldab tsivilisatsiooni mõiste ka inimeste kultuurilisi nähtusi, kuid peale selle ka muid aspekte inimeste loomingust, näiteks tehnoloogiat ja tööstust. Kunsti, kultuuri ja tsivilisatsiooni mõisted suuresti kattuvad üksteisega (näiteks sõjakunst, poliitkultuur, agraarkultuur, käitumiskultuur jne), kuid need on kasvavad mõisted oma hõlmavuse poolest. Näiteks kunst tähendab inimese mõtestatud ja vaimset loomingut, milleks võib olla näiteks filmikunst või maalikunst. Kultuur hõlmab inimeste kogu vaimset tegevust ja loomingut, sealhulgas erinevaid traditsioone ja rahvapärimusi. Tsivilisatsioon hõlmab peale vaimse tegevuse ja loomingu ka veel tehnilisi ja tööstuslikke saavutusi, sealhulgas ka sõjandust ja poliitikat. Selles mõttes ei ole need mõisted omavahel vastandlikud, vaid pigem täiendavad üksteist suurendades hõlmavust (alates kunstiga lõpetades tsivilisatsiooniga).

Selles peatükis on kasutatud professor Laanemäe õpiku materjali (2007, lk. 201-204).

3.4 Tsivilisatsioonide lühiajalugu

Maailmas hakkas tsivilisatsioon välja arenema alates III aastatuhandest eKr. Tsivilisatsioon võib tähendada ühiskonda, mis on hästi korraldatud ja kultuur on väga kaugele arenenud. Esimesi tsivilisatsioone nimetatakse ka varasteks kõrgkultuurideks. Varajastel tsivilisatsioonidel olid olemas nii erinevaid kui ka sarnaseid jooni. Varajastel tsivilisatsioonidel olid palju ühiseid tunnuseid. Näiteks kui teatud piirkonnas enam küttimisega ja korilusega ei tegeletud, vaid hakati viljelusmajandust arendama, siis tekkisid varajased tsivilisatsioonid. Inimühiskonnad, kus tegeleti põlluharimisega ja karjakasvatusega, olid nüüd tsivilisatsioonid. Esimesed tsivilisatsioonid tekkisid varapronksiajal. See oli see aeg, mil hakati kasutama metalli. Kõikides tsivilisatsioonides esines varanduslik ebaühtlus. Kõikides tsivilisatsioonides oli tekkinud riiklus. See tähendab seda, et teatud piirkonnas valitseb ühiskonda rikkam ülemkiht või osa sellest. Valitsemine sai teostuda seaduste ja madalamate ametnike abil. Väga paljudes tsivilisatsioonides kasutati kirja. Kirja kasutamine võimaldas teostada riiklikku korraldust, sest seda kasutati majandamist ja riikliku korraldust käsitlevate ülestähenduste tegemiseks. Kuid kiri võimaldas ka vaimse tegevuse loomiseks. Näiteks pandi kirja erinevaid pärimusi, uskumusi ja ajaloosündmusi. Tänu kirjale hakkas arenema kirjandus, teadus ja usulised tõekspidamised. Tekkima ja arenema hakkas seega kõrgkultuur.

Eeltoodud näitab seda, et tsivilisatsiooni võib piiritleda paljude erinevate iseloomujoontega. Kõikides nendes tsivilisatsiooni iseloomujoontes on näha seda, et inimühiskonnas on toimunud väga suur organiseerumine. Seda on kõige selgemini näha just riiklikkus korralduses. Varane tsivilisatsioon ja riik olid enamasti üks ja sama.

Suurte jõgede läheduses tekkisid esimesed tsivilisatsioonid. Näiteks 3000 aastat eKr tekkisid tsivilisatsioonid Mesopotaamias (tänapäeva Iraagis) Eufrati ja Tigrise alamjooksul ning Egiptuses Niiluse kallastel. Need tekkisid peaaegu ühel ja samal ajal. Umbes 2400 aastat eKr tekkis tsivilisatsioon Indias asuva Induse jõe ääres, 2000 aastat eKr aga Vahemeres asuval Kreeta saarel ja 1700 aastat eKr tekkis Hiinas Huanghe jõe orus. Kuid Kesk-Ameerika ja Peruu rahvad said tsivilisatsioonideks alles hiljem. Nendel territooriumitel arenesid kõrgkultuurid välja enamasti üksteisest sõltumatult. Neid nimetatakse esmasteks ehk primaarseteks tsivilisatsioonideks. Kuid teisi (eespool mainimata) kõrgkultuure nimetatakse teisesteks ehk sekundaarseteks tsivilisatsioonideks, sest nende tsivilisatsioonide kujunemist mõjutas mõni naaberpiirkond, kes oli parajasti arenenum.

Kuid mis põhjustel tekkisid maailmas tsivilisatsioonid? Näiteks ajal, mil hakkasid tekkima esimesed tsivilisatsioonid, kiri veel puudus või oli see veel vähe arenenud. Sellepärast ei olegi avastatud varajastel tsivilisatsiooni perioodidel kirjalikke materjale. Seepärast aitavad just arheoloogilised leiud mõista iga üksiku tsivilisatsiooni kujunemist. Praegusele ajale kõige lähemal

olevaid tsivilisatsiooni tekke faasis rahvaste ühiskondi, eluolu ja kultuuri uurib etnoloogia ehk rahvateadus. Arheoloogia ja etnoloogia andmeid omavahel enamasti võrreldakse. Kuid selline tegevus on keeruline ja järeldused, mis sellise protseduuri ajal tehakse, jäävad enamasti vaieldavateks. Näiteks tsivilisatsioonide tekkepõhjusi ja kujunemist teatakse kindlalt tegelikult väga vähe.

Tsivilisatsioonide üldine areng on tänapäeval juba teada. Näiteks alguses oli põlluharijate ja karjakasvatajate kogukonnad väikesed ja varanduslikult tasemelt ning ühiskondlikult positsioonilt peaaegu võrdsed. Kuid inimühiskonna arenemisel muutus ühiskond varanduslikult kihistunuks. Hakati elama paikades, kus on rohkem rahvast ja rohkem jõukust. Ühiskonda juhtis väike grupp ülemkihi inimesed. Näiteks arheoloogid on üles kaevanud rikkad ülikute matusepaigad, kesksed asulakohad ja suured ehitised. Etnoloogid on kindlaks teinud seda, et ühiskonna elu korraldasid ülemkiht, kes moodustus rikkamatest perekondadest, ja pealik, kes on sellest esilekerkinud. Nende soov oli, et rahvas tegeleks ühiste ettevõtmistega. Näiteks rahvas tegeleks ehitustöödega, pidustuste korraldamisega või sõjakäikudega. Nad mõistsid kohut ja juhtisid religioosseid tseremooniaid. Neil oli ka vaba voli korjata rahvalt andamit ühiseks tagavaraks või nende enda huvideks. Riik saigi tekkida sellisest kihistunud ja ülemkihi jõukatele võimule alluvast ühiskonnast. Oma osa oli sellel ka ühiskonna korralduse täienemisel ja ka kirja kasutamisel.

Kuid isegi tänapäeval vaieldakse tsivilisatsiooni tekkepõhjuste üle. Ühiskonnas, mida võib lugeda tsivilisatsiooniks, ei hangi mitte kõik inimesed toitu ehkki nad on selleks tööjõulised. Ühiskonnas on välja arenenud tööjaotus. Näiteks mõned inimesed tegelevad põlluharimise või karjakasvatusega, selle asemel tegelevad mõned aga hoopis käsi- või kirjatöödega, mõni juhib riiki, korraldab usulisi kombetalitusi jne. Selleks aga pidi ühiskond toitu tootma rohkem, kui ühiskonna liikmed seda otseselt vaja oleks olnud. Seda põhjustas inimühiskonna üleminek põlluharimisele ja karjakasvatusele. Seda võimaldas ka metallist tööriistade kasutamine. Ilmselt sellepärast peetaksegi tsivilisatsiooni üheks peamiseks tekke eeldusteks just viljelusmajandust ja metallitöötlemist.

Inimesed hakkasid tootma palju rohkem, kui endal vaja oleks läinud. Etnoloogid on avastanud seda, et ürgtasemel ühiskonnal elavad inimesed kasutavad aega, mis jääb üle hädatarvilikust töö ajast, just puhkusele ja niisama ajaviiteks, mitte aga täiendavaks tööks. Kuid sellega kaasnes valitseva ühiskonnakihi esiletõus. Valitsev ülemkiht korraldas peaaegu kogu ühiskonda. Kuid see aga suurendas antud ühiskonna kihi võimu ja jõukust. Kumb neist teguritest oli esimene, ei ole veel teada.

Mõned teadlased arvavad seda, et valitsev ülemkiht eelkõige korraldas inimühiskonda ja ülejäänud ühiskonna hulk leppis sellega alguses vabatahtlikult. Inimesed, kes olid võimekamad ja ettevõtlikumad, hakkasid ühiskonna arenedes täitma ülesandeid, mis ühiskonnale kasulik oli. Enamasti neid inimesi austati. Nende prestiiž oli ühiskonnas kõrge. Nende inimeste positsioon kandus edasi ka nende järeltulijatele. Nad hakkasid ühiskonnas suurenevat rikkust ära kasutama oma enda isiklikes huvides ja suurendasid seeläbi oma võimu. Niimoodi kujuneski neist valitsev ülemkiht, kellel võim oli ainult päritav. Selles mõttes oli vältimatu ühiskonna arengus see, et mingisugune ülemkiht hakkas valitsema alamkihti. Ühiskonna paremaks korraldamiseks kujuneski välja riiklus.

Ühiskonna ülemkiht juhtis ühiskonda ilmselt kõige laiemas mõttes. Näiteks lahendati erinevaid tülisid, korraldati naabritega suhteid, juhiti sõjategevust jne. Koguti ka tagavarasid, et ikaldus- ja näljaaastatel neid ilusasti välja anda. Mõned teadlased arvavad, et esimesed riigid tekkisid seepärast, et oli vaja luua ja korrastada ulatuslikke niisutussüsteeme. Vähemalt peetakse seda üheks peamiseks esimeste riikide tekke põhjusteks. Näiteks tõendid näitavad seda, et Mesopotaamias ja Egiptuses hakati ehitama kanaleid ja tammesid peaaegu tsivilisatsiooni tekkimisega samal ajal. Mõned arvavad, et isegi varemgi. Kasutati väga suurt tööjõudu, et luua ja korrastada niisutussüsteeme. Ülemkiht saigi esile kerkida siis, kui mobiliseeriti ja juhiti väga suurt rahva hulka. See aga võimaldas tekkida range riiklikku elukorralduse.

> Niisutus ehk kastmine või irrigatsioon on mingisuguse maapealse piirkonna (näiteks põllu) kunstlik veega kastmine. Niisutust kasutatakse kuivades piirkondades või sellistes kohtades, kus pikema aja jooksul pole sadanud (näiteks põudade korral), kuid harvem ka sellisel juhul, kui tuleb põllukultuure öökülma eest kaitsta. Eristatakse viite niisutamise viisi:

uduniisutus, vihmutus, pindmine niisutus, mullasisene niisutus ja altniisutus. Arheoloogilistes uurimustes on leitud tõendeid niisutamisest, kuna looduslikud sademed ei olnud põllukultuuride kasvatamiseks piisavad. Niisutamine on väidetavalt alguse saanud Induse oru tsivilisatsioonist umbes 4500 aastat eKr. See on drastiliselt suurendanud nende asulate suurust ja jõukust. Niisutus ja veemajandussüsteemid on välja töötanud Induse oru tsivilisatsioon, kaasa arvatud kunstlikud veehoidlad Girnaris, mis pärinevad 3000 aastast eKr ja algne kanali niisutussüsteem umbes 2600 aastast eKr. Kanal on pinnasesse rajatud tehisveekogu, mis on enamasti trapetsikujulise ristlõikega. Kanalid on tavaliselt vooluveekogud.

Kuid teised teadlased peavad hoopis vägivalda ja sundlust põhjuseks, et miks kujunes välja ühiskonna kihistumine ja riiklik korraldus. Nende arvates on ülemkiht allutanud ülejäänud ühiskonna oma võimule ja sundinud nende heaks tööle. Näiteks vallutussõjad võisid seda võimaldada. Vallutatud territooriumi elanikud olid sunnitud vallutajatele maksma andamit. Niimoodi kasvas eriti just valitsejate ja juhtide jõukus ja võim, sest enamik andameid läks just neile. Seejärel oli neil võimalus ka oma küla elanikke vallutada ja sundida neid maksma andameid. Nii tekkiski ühiskonnas ebavõrdsus. Kuid ülemkiht tugevdas ja kindlustas oma positsiooni ühiskonnas ning lõid tasapisi range riikliku korralduse.

Riikliku korraldusega sunniti alamrahvast rohkem tööle. Kuid selline asjaolu tuli ühiskonnale pigem kasuks, kui kahjuks. Kuid seda tehti alamkihtide heaolu arvel. Kuid antud arusaama järgi on riik pigem ülemkihi vahend, millega võimaldas allutada alamkihti ja nende töö vilja.

Mõlemat eespool välja toodud põhjust ei ole teadlaste poolt üheselt vastu võetud. Vaieldakse tsivilisatsiooni ja riigi tekke põhjuste oletuste üle. Sellepärast arvavad paljud teadlased, et tsivilisatsiooni tekke põhjus ei ole kõikehõlmav ja üks ühele. Arvatakse, et tsivilisatsiooni ja riigi tekkimine sai võimalikuks just mingite soodsate tegurite kokkulangemisel. Kuid erinevates territooriumites võis tsivilisatsiooni arenemine ja selle konkreetsed tekke põhjused olla erinevad.

Tsivilisatsioonide tekke põhjused olid kindlasti väga seotud religioossete maailmavaadetega. Arvati seda, et jumalad soosivad just edukamaid ja võimekamaid inimesi. Kui aga jumalad neid soosivad, siis ka teised inimesed usaldavad ja loodavad nende peale. Kunagi arvati, et ülemkiht pälvis jumalate soosingu ja seepärast osutus jumalatele meelepäraseks ka nende loodud riiklik korraldus. Nii oligi riiklik korraldus algusest peale kooskõlas ühiskonna usuliste tõekspidamistega. Sellepärast kuulus ülemkihile ka veel preestrivõim. Neil oli voli ja kohustus teostada terve kogukonna nimel usulisi kombetalitusi. Mõndades tsivilisatsioonides arenes niimoodi välja valitseja enda jumalaks peetav komme. Seda siis loomulikult läbi ühiskonna arengu ja valitsejavõimu suurenedes.

Tänu kirja tekkimisele jaotavad ajaloolased inimajaloo kindlateks perioodideks. Inimkond hakkas kirja tundma alles siis, kui tekkisid esimesed tsivilisatsioonid Mesopotaamias ja Egiptuses. Just kirjalike allikate pärast me ju neid tsivilisatsioone tänapäeval tunnemegi ja ka kogu hilisemat inimajalugu. Sellest ajast peale on maailmas toimuvatest sündmustest tundunud nüüd palju terviklikum pilt. Seda aega, mil hakkasid esimest korda ilmuma kirjalikud tekstid, tähistab esiaja ehk muinasaja lõppu. Alanud oli ajalooline aeg, mis omakorda jaotub vanaajaks, keskajaks ja uusajaks. Kuid selline aegade jaotus siiski ei hõlma kõigi maade ja maailmajagude ajalugu.

Vanaaeg tekkis siis, kui Mesopotaamias ja Egiptuses tekkis tsivilisatsioon. Sellises ajalooperioodis tekkis ka India, Hiina, Kreeka ja Rooma tsivilisatsioon. Klassikalist antiiktsivilisatsiooni nimetatakse sageli just muistset Kreekat ja Roomat koos. Antiikaega tähistab aega, mil muistne Kreeka ja Rooma kujunes, õitses ja langes. See on umbes 8. sajandist eKr kuni 5. sajandini pKr. Vanaaja lõpp tuli koos klassikalise antiiktsivilisatsiooni lõpuga. See sai juhtuda viimase Lääne-Rooma keisri kukutamisega aastal 476 pKr. Seejärel tuli keskaja periood. Euroopa ajaloos oli antiiktsivilisatsiooni langus äärmiselt oluline. Kuid sellegipoolest ei hõlma vana- ja keskaja piiri ilmnemine tsivilisatsioone, mis jäävad Euroopast üsna kaugele. Näiteks Hiinas ja Indias jätkus areng nii, et ei toimunud suuremaid muutusi. Nende areng toimus nö. sirgjooneliselt. Kuid seevastu Ameerikas olid sellisel ajal tsivilisatsioonid veel kujunemas.

Selles peatükis on kasutatud professor Piirimäe õpiku materjali (1998, lk. 11-16).

3.5 Inimtsivilisatsiooni elukorraldus ja selle üldine areng

Inimesed on aja jooksul muutnud enda tarbeks loodusvarasid ainelisteks või mitteainelisteks hüvedeks, et ennast kuidagi ära elatada. Osa nendest moodustavad tarbeesemed nagu näiteks riided, toit, eluasemed jne. Teise osa moodustavad sellised hüved, mis on vajalikud tootmise jätkamiseks. Nendeks on näiteks energia, oskused, materjalid, tööriistad jne.

Ajaloo jooksul on inimesed valmistanud esemeid väga erinevalt. Näiteks inimeste eellased *Homo habilis´*ed valmistasid kivist (täpsemalt ränikivist) relvi ja tööriistasid, et jahtida loomi ja neid söömiseks tappa. Tükk aega hiljem hakkavad inimesed aga kaevandama (näiteks vaske ja ränikivi). Pärast seda hakati esemeid valmistama juba rauast (näiteks relvi ja tööriistu). Keskaja suurim saavutus oli J. Gutenbergi trükikunsti leiutamine, mis mõjutas inimkultuuri kõige rohkem.

Inimkonna tööstusrevolutsioon toimus 18. ja 19. sajandil, mis algas Suurbritanniast ja levis sealt teistesse Euroopa riikidesse ning mujale maailma nagu näiteks Põhja-Ameerikasse ja Venemaale. Tööstuslik pööre tõi suured muutused paljudesse inimtegevuse valdkondadesse nagu näiteks põllumajandusse, tootmisse, transporti ja kaevandamisse. See muutis põhjalikult kogu inimühiskonna sotsiaal-majanduslikku ja isegi kultuurilist eksisteerimist. Vabrikutootmine asendas manufaktuurset tootmist, mis sai alguse 18. sajandi Suurbritannia tekstiilitööstusest. Kogu tööstusrevolutsiooni aja põhilisemaid tunnuseid ongi see, et inimese tööjõu asemel hakati üha rohkem kasutama masinaid. Üheks olulisemaks leiutiseks 18. sajandil peeti aurumasinat, mis oli suure kasutusalaga tehnoloogia. Kuid masinad vajasid materiaalset ressurssi ja inimesi, kes neid looksid ja toodaksid. Alguses kasutati Suurbritannias orjakaubandust uute masinate tootmiseks ja kasutusele võtmiseks. Sealhulgas ka Kariibi mere saarte suhkruroo viljelemist. Juba esimesed vabrikud loodi 18. sajandi alguses. Kanalite ehitamine sajandi teisel poolel aitas vabrikute arengule veelgi kaasa. Inimesed olid sunnitud vabrikutes tegema palgatööd, sest masinad võtsid üha rohkem inimeste tööjõudu. Palgatöölised on inimesed, kes müüvad oma tööjõudu, et ennast kuidagi ära elatada nii nagu seda tehakse ka tänapäeval. Inimühiskonnas tekkis peale masintootmise leiutamist kaupade tootmine ja selle ost ehk turg. Turg on väga suur tegur mõjutamaks kaupade tootmist. See tähendab seda, et nõudlus tingib kaupade tootmise mõtekust. Erinevate tootjate vahel tekkis konkurents, mis väga tugevalt mõjutab toodete kvaliteeti ja nende hindasid. Konkurents on ju see, mis hoiab erinevatel toodetel sõbraliku hinna all. Kusjuures kaupade tootmine vajas ka veel toorainet.

18. sajand oli aga inimkonna tööstusajaloos üks olulisemaid pöördepunkte. Näiteks 18. sajandi alguses töötas juba maailma esimene vabrik, milleks oli siis vee jõul töötav inglise John Lombe´i siidiketrusvabrik. Kuid varsti pärast seda hakkasid masinad ja sõidukid töötama aurumootori abil. Juba 18. sajandil töötati välja sellised esemeid valmistavaid tööriistu nagu treipingid, freesid ja puurid. Elektri kaasamine 19. sajandi tööstusele oli aga järjekordne suur edasisamm. Näiteks sellel sajandil asendati kõik aurumootorid elektrimootoritega. Elekter võimaldas esimest korda luua ka kunstlikku valgust. 20. sajandi alguses luuakse koosteliin, mis võimaldas lihtsamat, kiiremat ja odavamat suurtootmist. Esimesena kasutas seda Henry Ford. 20. sajandi keskpaiku leiutati plast, mida tööstuses ohtrasti kasutatakse. Umbes samal ajal ilmuvad tööstusvabrikutesse arvutid ja tööstusrobotid, mis võtavad inimestelt üha rohkem tööd üle. Kuid juba 21. sajandi alguses võidutseb 3D-printeritehnoloogia võidukäik maailmatööstuses. See võimaldab toota mistahes esemeid.

Väga vanadel aegadel tootis talupere endale kõik, mis vaja läks. Kuid tänapäeval on kujunenud tööjaotus. See tähendab seda, et valmistatakse ja müüakse seda, mida kõige paremini teha osatakse. Teisi asju, mida vaja läheb, ostab inimene juba saadud tulu eest. Kui aga inimesel on rohkem vaba raha ehk kapital on juba olemas, siis on tal võimalus luua oma ettevõte. Ettevõttel on olemas

tootmisvahendid ja töölised, kes valmistavad väga palju erinevaid kaupasid, mida siis müüakse. Ettevõte katab oma kulutused saadud tulu eest. Igasuguse ettevõtte eesmärk on teenida kasumit ja enamasti selleks ka jätkatakse ja laiendatakse oma tootmist.

Väga primitiivne ja aeganõudev tootmine oli naturaalmajanduslik tootmine, mille korral valmistasid inimesed kõike käsitsi, mida elus vaja läheb. Kaubandust ei saanud sellisel juhul olla, sest tööjaotust erinevate piirkondade vahel ei eksisteerinud. Naturaalmajanduselt mindi üle kaubatootmisele alles inimtsivilisatsiooni pika arengu jooksul. Tegelikult uusi tooteid mõeldi välja juba naturaalmajanduse arengu käigus. Uusi tooteid vahetati või püüti järele teha. Kui aga tooteid ei olnud võimalik järele teha, siis neid vahetati. See oli üsna algeline kaupade vahetus. Isegi tänapäeva käsumajanduse süsteemides esineb selline kauplemine. Seejuures oli oluline kaup lihtsalt kätte saada, kuid kauba enda tegelik väärtus oluline ei olnud. Spetsialiseerumine osutus kaubatootmise põhialuseks. Inimühiskonnas hakkas toimima tööjaotus. Kaupa valmistati siis, kui oli selleks soodsad tingimused ja eeldused. Kaupa vahetati nii, kuidas inimesele endale kasulik oli. Kõrge kvalifikatsiooniga tööd on enamasti spetsialiseeritud. Odavate hindadega kvaliteetseid kaupasid valmistatakse tehnoloogiatega, mida täiustatakse.

Naturaalmajanduslik töö jääb seega kõvasti alla kaubatootlikuse tööle, sest toodang on suurema kvaliteediga, palju rohkem mitmekesisem, suurema nomenklatuuriga jne. Sellepärast naturaalmajandus üha enam kaduma hakkaski, kui tõusis kaubatootmise majandusvorm.

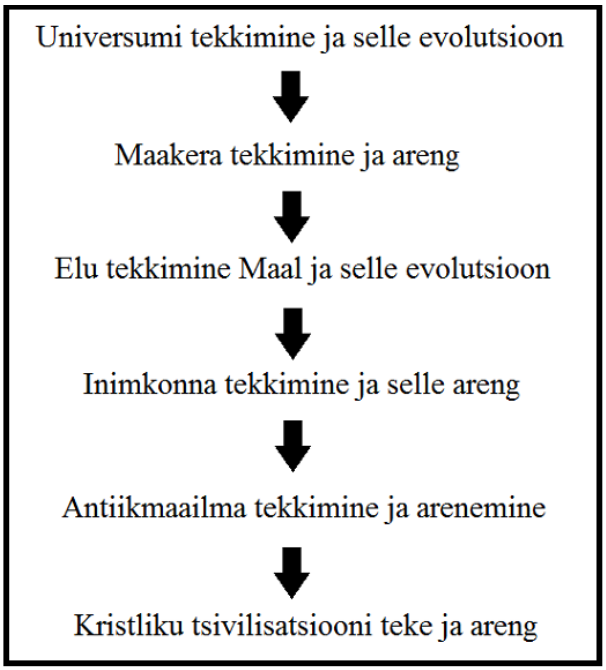
Kaupa kas vahetatakse või müüakse. Naturaalmajanduslikud tooted on põhimõtteliselt need, mida inimene teeb ainult enda jaoks ja seega ei saa kaubatootmine kunagi domineerida täielikult. Näiteks naturaalmajanduslikud on enamasti inimese kodune majapidamine ja inimeste erinevad hobid.

Kaubatootmine liigitatakse primitiivseks ja arenenuks. Primitiivne kaubatootmine põhineb peamiselt mitteekvivalentse väärtusega kauba vahetusel, kuid seevastu arenenud kaubatootmine põhineb ekvivalentse väärtusega kauba vahetusel. Kui raha väärtus on ajas stabiilne, siis ongi võimalik kaupade ekvivalentne vahetus. Kaubatootmine sai alguse Lähis-Idas umbes 10 000 – 15 000 aastat tagasi, kuid väärismetallist raha hakati kasutama seal alles 5000-6000 aastat tagasi.

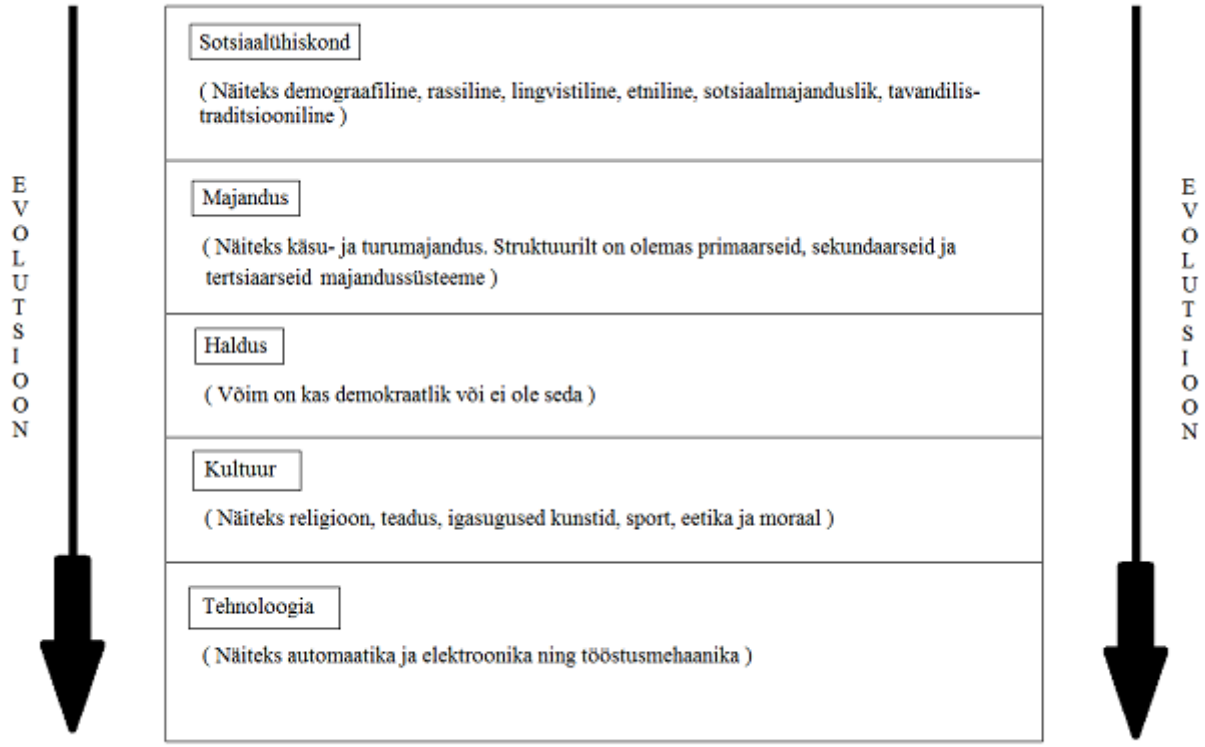
Kauba vahetamisel on eriline tähtsus just stabiilse väärtusega kaupadel – näiteks raha, mille väärtus ajas on enamasti stabiilne. Kui aga nii ei ole, siis tekivad motivatsiooni häired või kaubatootmine võib lõppeda kahjumiga. Just ajas stabiilse väärtusega kaubad muutsid kauba tootmise ja selle vahetamise palju tõhusamaks. Niimoodi ei hakatud enam otsima vahetus- ega vahenduskaupa, mille väärtused pidi muidu kuidagi kokkusobitama. Ekvivalentse kauba vahetus rahuldab nii ostjat kui ka müüjat.

Tänapäeva tingimustes kasutatakse enamasti kõrgtehnoloogilist tootmist, mille korral on tootmine peaaegu täielikult automatiseeritud. Enamasti on see tootmine ka väga spetsialiseeritud. Näiteks kogu maailma peale kokku valmistavad ainult mõned üksikud tehased teatud kiipe, kuid need on ülikallid tehased, mille hinnad võivad küündida 10 miljardi dollarini.

Kontoritehnika, arvutite, elektroonika, kosmosetehnika, sidevahendite ja ravimite tootmine liigitatakse majanduses juba kõrgtehnoloogilisteks sektoriteks. Kui toodetakse keemiatooteid, masinaid (näiteks elektrimasinaid), teadustehnikat ja erinevaid mootorsõidukeid, siis liigitatakse need kesk-kõrgtehnoloogiliseks haruks. Kuid kesk-madaltehnoloogiliste harude alla kuuluvad näiteks metallurgia, laevaehitus ja naftatööstus. Kuid on olemas ka nö. madaltehnoloogilised harud, mille alla kuuluvad puidu-, mööbli-, trüki-, joogi-, toidu-, tubaka-, tekstiili- ja rõivatööstus.



Joonis: Prantsuse filosoofid E. Le Roy ja P. Teilhard de Chardini esitasid juba 20. sajandi alguses universaalse arengu üldise diakroonika. Nüüdisajal peetakse tsivilisatsiooni alguseks hoopis antiikmaailma kultuure, mitte kristluse tekkimist.



Joonis: Peamised arenguetapid, mis on toimunud inimühiskonnas.

Göttingeni Ülikooli filosoofia- ja majandusprofessor Johann Beckmann oli esimene inimene, kes võttis kasutusele termini „tehnoloogia“ ja seda aastal 1772. Tehnoloogia on inimeste oskuste kogum (laialdaselt arvatakse, et lihtsalt masinate ja seadmete kogum), mida on vaja tootmises. Erinevaid tehnoloogiaid on kasutanud inimkond juba tuhandeid aastaid. Kuid tegelikult on tehnoloogiline nähtus inimkonnast palju vanem. Nii on tegelikult ka teiste ainult inimühiskonnale omistatud

nähtustega nagu näiteks sotsiaal-, haldus- ja kultuurinähtused. Seda, mida me nimetame tehnoloogiaks, on kasutanud peale inimese ka paljud teised looma liigid. Näiteks juba mõned sajad miljonid aastad varem oskasid paljud putukate, linnu ja reptiilide liigid kujundada oma ümbritsevat keskkonda vastavalt oma vajadustele. See sarnanes väga praegusaja inimeste tehnokultuuri aspektidega. Näiteks nad ehitasid pesasid, kasutasid erinevaid materjale, lõid urgusid, kasutasid kive ja kaikaid töövahenditena. Kui inimkond eksisteeris juba rohkem kui pool oma evolutsiooni ajast, hakkas ta oma tehnoloogilise pagasiga ületama ülejäänud loomariiki. Väga paljud oskused, mis vajavad tehnilist taipu, hakkasid väga kiiresti arenema siis kui võeti kasutusele tuli. Tule kasutusele võtmist peetakse üheks esimeseks suureks evolutsiooni progressiks inimkonna ajaloos.

Inimest ümbritseb tehniline maailm, mis ei ole päritav geneetiliselt. Selle loojaks on inimese aju. Geneetiliselt päritavad võivad olla ainult inimese tehnilised ja loovad oskused. Tehnilise maailma aluseks ja isegi sünnitajaks on inimkultuur. See tähendab seda, et tehniline maailm on välja arenenud just kultuurist. Tehnika kasutusele võtmisega muutusid väga paljud inimese ja ühiskonna valdkonnad. Kuid see juhtus alles pärast turumajanduse poolt põhjustatud revolutsiooni tööstuses. Tänapäeval ei ole olemas peaaegu mitte ühtegi valdkonda, kus ei kasutata tehnoloogilisi meetodeid. Inimühiskonna haldusosa demokraatlik muutumine oli aga turumajanduse eelduseks ja seega ka tehnilise maailma tekke eelduseks. Demokraatliku turumajanduse arengu tehniline areng ületas alati ükskõik millise käsumajandussüsteemi arengut.

Üheks peamiseks põhjuseks, et miks tehniline maailm hakkas niivõrd arenema ja domineerima, oli see, et ilmnema hakkas turumajanduse demokraatlik õigusriiklus ja isereguleerimismehhanism. Kuid turumajanduse evolutsioonis (ja seega tehnilise maailma arengus) eristatakse kolme järgmist faasi. Tööstuses ja transpordis hakati Lääne-Euroopas ja Põhja-Ameerikas rakendama aurujõudu ja mehaanilisi töömasinaid. Selles peamiselt seisneski varakapitalistlik turumajandus. Kuid sellest järgmine turumajanduse tase sisaldas juba sisepõlemismootorite ja elektrotehnika pealetungi. Seda seostatakse ka börsikapitalismiga. Järgnes elektroonika ja automaatika progress. Need olid otseselt seotud inimühiskonna globaliseerumisega. Näiteks aitas globaliseerumisele kaasa transpordi kiire areng. Tänapäeval on ju võimalik liikuda ükskõik millisesse Maa punkti vähem kui 24 tuuniga. Hakkas ka välja kujunema ja arenema teaduse rahvusvaheline koostöö ja rahvusvaheline patendinduse ja litsentsikaubanduse õiguslik korraldus. Ja kõige lõpuks oli infotehnoloogiline progress nimega internet läbimurdeks väga paljude valdkondade jaoks. Ilma internetita ei kujutaks tänapäeva elu enam ettegi.

Inimkonna tehnoloogiline areng on üha enam globaliseerumas. Seetõttu ei ole enam riikide ja rahvaste lokaalne tehniline areng nii tähtis nagu seda oli varem. Kõrgtehnoloogiat võimaldab rahvusvaheline kapitali liikumine tuua sellistesse kohtadesse, kus on selle rakendamiseks olemas kõik vajalikud tingimused. Kuid isegi sellisel juhul peab olemas olema eeldused nagu näiteks rahvastiku kultuuritase, demokraatia vorm ja isegi soodustav õhkkond. Tegurid, mis mõjutavad neid just positiivselt, on valdavalt üldised või spetsiifilised. Nende üldiste tegurite hulka kuulub näiteks majanduspoliitika ja õigusriiklus. Kuid spetsiifiline tegur hõlmab peamiselt töökultuuri, eetikat, haridussüsteemi jne.

Selles peatükis on kasutatud professor Mart Vabar'i õpiku „Majandusgeograafia“ materjali.

Joonis: Väga sageli kujutatakse tulevikumaailma, kus on lendavad autod ja ülikõrged pilvelõhkujad.

Foto allikas: http://www.webartz.com.br/wp-content/uploads/2008/09/future-city-scape1.jpg

Inimene on loonud tehnoloogia, mis asendab paljusid tema füüsilisi ja vaimseid võimalusi. Näiteks inimene ei pea enam iseenda higi kaudu oma kehatemperatuuri stabiliseerima, kui ta kasutaks selle asemel eluruumidesse paigaldatud õhukonditsioneere. Inimene ei pea enam postimajas lugema ümbrikutelt postiindekseid ja sorteerima erinevaid kirju, sest selle töö teevad ära nüüd skännerid ja arvutid. Erinevaid võõrkeelseid tekste tõlgivad arvutitesse programmeeritud tarkvarad iseseisvalt ja isesõitvad autod navigeerivad ilma juhita. See kõik tähendab seda, et tehnoloogia võtab üha rohkem tööd inimestelt ära.

Kui inimkond jõuab oma arengus sellisele tasemele, et luuakse tehisintellekt, siis ka sellel on omad kindlad mõjud meie tehnogeensele ühiskonnale. Näiteks paljud inimese eluvaldkonnad automatiseeruvad. See tähendab seda, et enamus töid teevad inimese eest juba robotid (tehisintellektid). Näiteks kogu tööstus võib olla täielikult automatiseeritud tehisintellektide poolt. Mõtlevad autod sõidavad inimese eest ja nii ei saa enam tekkida autoõnnetusi. See võib tähendada ka seda, et kogu transport võib olla mingil moel automatiseeritud just tehisintellektide poolt. Juba praegugi võib täheldada seda, et robotid võtavad üha enam inimestelt töö üle. Tuleviku ühiskonnad võivad olla täielikult automatiseerunud ja seega vabaneb inimene peaaegu täielikult töötamise vajadusest ehk tööklassi staatusest. Näiteks tehastes on juba ammu asendatud inimtöölised robotitega ja üldse on lihttööde tegemised automatiseeritud. Kuid ühiskonna üldise arengu jooksul jõuab automatiseerimine ka teenindussektorisse. Näiteks praegusel ajal on Eestis juba loodud digiretsepti infosüsteem ja Inglismaal Londonis Heathrow lennujaamas on loodud pagasitöötlemisautomaatika. Mida aeg edasi, seda enam inimesi asendatakse robotitega ja paljud eluvaldkonnad automatiseeritakse. Näiteks paljudes maailma suurlinnades on valmis ehitatud automaatseid parkimismaju. Sõidukeid on võimalik parkida isegi mobiiltelefoniga, mille korral mõne rakenduse kasutamisel pargib auto parklas ennast ise. Mida aeg edasi, seda enam töökohti saavad robotid, mitte enam inimesed. Kuid roboteid kasutatakse pigem lihtsate teenuste ja liinitöö korral. Selline dendens soodustab inimeste töötuse suurenemist, kui robotid ja automaatika inimeste töö üle võtavad. Inimeste tööjõud üha enam kallineb ja seetõttu on jälle soodne robotite ja automaatika pealetung, näiteks teenindussektoris. Kuid inimühiskonna ajaloo kulgu jälgides on näha seda, et tehnoloogia nii loob kui ka kaotab inimeste töökohti. Automatiseerimine ja robootika võtab inimestelt üha enam töökohti ära ja samas uusi ametikohti ei tule inimestele nii kiiresti juurde. Uusi töökohti on ka kallis luua.

Tehisintellektidega robotite mõju inimühiskonnale avaldub eelkõige tööjõus. See tähendab, et robotid võtavad inimestelt üha rohkem tööd ära. Inimtööjõu asemel kasutatakse üha rohkem robotite ja tehnisintellektide tööjõudu. Sellel on olemas nii positiivne kui ka negatiivne mõju. Positiivne mõju seisneb selles, et inimestel on palju rohkem vaba aega iseendale, mille korral saab

inimene keskenduda rohkem isiklikule elule. Robotite ja tehisintellektidega tööd on ka palju efektiivsemad. Kuid negatiivne mõju seisneb selles, et kui robotid võtavad inimestelt tööd ära, siis sellisel juhul kaotavad inimesed oma sissetulekud. See tähendab majanduslikku kahju inimestele. Sellise probleemi lahendamiseks peab turumajanduslikku elukorraldust põhjalikult muutma, et robotid ja inimesed saaksid kõrvuti koos eksisteerida üksteist majanduslikult kahjustamata. Maailm liigubki sellises suunas, kus kogu inimühiskond on automatiseeritud robotite ja tehisintellektide poolt. Inimesed aga lihtsalt naudivad isiklikku elu ilma, et peaksid tööl käima või mingil muul moel vaeva nägema enda eksisteerimiseks. Kõik tööd teevad ära robotid või tehisintellektid.

Tehisintellekt on uus liik Maal, kuid see ei ole bioloogiline eluvorm, vaid selline eluvorm, täpsemalt teadvus, on loodud inimeste poolt arvuti programmidega. Selle füüsiline keha sarnaneb roboti ehitusega. Juba sajandeid on ennustatud, et tehisaru ja robotid võtavad inimestelt tööd üle. Näiteks võib tehisaru luua inimeste asemel kunsti, muusikat, filme, erinevaid kirjutisi, raamatuid ja isegi teaduslikke uurimustöid. Kõike seda on tegelikult juba praegugi näha ja kuulda. Lähimas tulevikus saab iga inimene osta omale personaalse roboti, kes hakkab tema eest tööl käima, raha teenima, koduseid ülesandeid tegema ja palju muid tegevusi. See võimaldaks inimestel hakata tegema muid toiminguid, mis tööl käimine muidu takistaks. Kuid sellest hoolimata on robotitel ja tehisintellektidel olemas üks suur puudus, mida nad ei ole võimelised kõrvaldama. Nimelt ei saa robotid „kehast väljuda“. Kehavälist olekut elektromagnetväljana aegruumi välises dimensioonis võimaldab ainult elektriline närvisüsteem oma neuronite, aksonite ja elektriimpulssidega. Seda esineb ainult bioloogilistel eluvormidel, näiteks loomadel ja inimestel. Seega saavad inimesed kehast väljuda ehk eksisteerida kehavälise olekuna, kuid robotid ja tehisintellektid seda teha ei saa oma arvuti programmide, elektrikiipide ja mehaaniliste süsteemide tõttu. Seetõttu ei ole robotid ja tehisintellektid tegelikult nii kõikvõimas liik, mida sageli arvatakse. Elu tõelise kõikvõimsuse annab meile ainult kehaväline eksisteerimine, mitte robotite ja tehisintellektide pealetung inimühiskonnas.

> Võib väita, et Universumis eksisteerivaid eluvorme saab liigitada kolme peamisesse rühma. Näiteks bioloogilised eluvormid koosnevad eranditult ainult elusrakkudest ja nende loodud süsteemidest, mis võivad olla väga iseäralikud. Robotid ja küborgid ei koosne elusrakkudest, vaid need sisaldavad mehaanilisi süsteeme ja elektrikiipe. Robotitel esineb tehisaru, mis põhineb elektrikiipidel ja arvutitega loodud programmidel. Sellisel tehisteadvusel puudub neuronitel põhinev närvivõrk, mis on omane elusrakulistel eluvormidel. Selle asemel on elektrikiip ja ülikeerulised arvutiprogrammi funktsioonid. Küborgid on siinkohal erandiks, kuna need võivad esineda bioloogiliste ja robootiliste süsteemide seguna. Kehavälises olekus eksisteerivaid inimesi võib pidada „vaimolenditeks“, kes eksisteerivad ainult valguslainete süsteemidena. Need ei liigitu elusrakuliste eluvormide ega ka robotite ja küborgide rühma. Kõik eelnevalt nimetatud eluvormide liigid saavad luua erinevaid ühiskonde ja isegi tsivilisatsioone, mis võivad üksteisest väga erineda.

Praegusel ajal võib arvata seda, et kõik paremaks eluks vajalik on juba olemas ja midagi väga radikaalset uuendust või ideed maailmas hästi elamiseks enam ei teki. Nii on arvanud ka Kanada Briti Columbia Ülikooli majandusteaduste professor James Brander. Näiteks põllumajanduses, energiatööstuses, transpordis ja ka meditsiinis on juba praegu uudsete ideede osakaal märgatavalt vähenenud. Kõik heaks eluks vajalikud asjad on juba välja mõeldud ja seetõttu võib öelda seda, et meie maailm on nagu juba valmis. See võib tunduda üsna äärmusliku väitena, kuid see ju ka tegelikult nii on. Näiteks jalgratas sai tänapäevase kuju juba 1920. aastate alguses, kuid siiani seda ainult täiustatakse paremate materjalidega ja uute rakenduslike vidinatega. Niimoodi jääb jalgratas oma põhiolemuselt ikkagi 1920. aastate tasemele. Tänapäeval ei looda enam üliinnovaatilisi leiutisi, vaid hoopis toimub vanade asjade täiustamised ja uuendused. Seega läheb enamik innovatsiooniks mõeldud raha lihtsalt raisku. Midagi täiesti uut ei leiutata, vaid selle asemel parandatakse vanu.

Näiteks tänapäeva autod on oma põhiolemuselt ikkagi ju samasugused, mis need olid näiteks 1910. aastatel. Ka arvutid ei ole oma põhiolemuselt juba aastakümneid muutunud ja viljakasvatuses kasutatakse ikka veel samasuguseid meetodeid, mis olid kunagi kasutusel Mesopotaamias. Tänapäeval saadakse energiat ikka veel fossiilsetest kütustest, mis olid kasutusel ka juba 19.

sajandil. Kümneid aastaid oli aega selleks, et teadlased mõtleksid välja uusi energiaallikaid. Kaitsesüstid ja antibiootikumid olid kunagi väga innovaatilised, mis aitasid haigustega paremini toime tulla. Kuid tänapäeval ei ole meditsiinis juba väga kaua aega välja tuldud uute medikamentidega, mis aitaksid kogu inimkonda. Paljud ettevõtted huvituvad ainult suurtest kasumitest, sealjuures ka ravimifirmad ja seetõttu luuakse peamiselt nn meelelahutusravimeid nagu näiteks „*Viagra*“. Juba praegusel ajal loodud leiutised muudavad inimeste elukvaliteeti vägagi heaks. Kuid tänapäeval on inimesed kõigega ja kõigiga seotud, kuid nüüdisaegseid probleeme ei saa lahendada olemasolevate leiutistega. Näiteks inimkonna rahvaarv suureneb väga kiiresti, viljakas maa väheneb, muutub kliima, looduskeskkond hävineb ja suureneb üha enam inimkonna vajadus energia järele. Kui praegu ei looda innovaatilisi tehnoloogiaid, siis inimkonna eksistensi ohustavad probleemid ei kao ära. Innovaatilisi ideid tuleb juurde ilmselt siis, kui Maa loodus on ära hinnatud. Näiteks vee hinna tõusuga tekivad peaaegu kohe (võrreldes sajanditega) innovaatilised ideed, et kuidas veega säästlikumalt ümber käia. Ideed tulevad ilmselt ainult siis, kui on tunne märgatava ohu ees, mis võib ähvardada peaaegu kogu inimkonda. Selliseid olukordi on tegelikult ajaloos juba olnud. Näiteks energiakriis, mis esines 1970. aastatel, põhjustas selle, et investorid hakkasid rohkem investeerima arvutiteadusesse. Selle tagajärjeks oli arvutite arengu kiire kasv ja muutumine. Termotuumareaktori loomine annaks inimkonnale ammendamatud energiavarud. Näiteks koduarvuti töötamiseks on vaja energiat ja seda energiat annab meile elekter. Staatilist elektrit tundsid kreeka filosoofid juba 600 aastat eKr, kuid elektrist aru saama hakati alles 18. ja 19. sajandil. Tänapäeva maailma on ilmselt võimatu ettekujutada ilma elektrita, sest just elektrist sõltub küte, valgustus, energia jne. Kui elektrit ei oleks, siis ei saa töötada televisioon, arvutid, raadiod, kosmoselaevad. Tegelikult ka automootor sõltub elektrist, sest see paneb põlema süüteküünalde abil küttesegu ning annab toite autolaternatele ja paljudele muudele juhtimisseadmetele. Kuigi automootori paneb liikuma mitteelektriline sisepõlemismootor. Elekter hoiab töös kogu tänapäeva maailma tehnoloogiaid ja seega ka inimühiskonna eluolu. See tähendab ka seda, et mingisugust energiakriisi pole siis enam olemas, kui suudetakse energiat toota termotuumajaamades. Meie tehnoloogilise maailma ülalpidamine vajab üsna palju energiat. Kuid praegused energiaallikad (näiteks elektrienergia, tuumaenergia, tuuleenergia, hüdroenergia jne) on keskkonnale ohtlikud, liiga kulukad või saavad nad juba mõne aja pärast otsa. Selles seisnebki inimkonna praegune energiakriis, mis on määravaks jõuks paljudele muudele asjadele poliitikas ja majanduses. Kuid termotuumareaktori väljatöötamine lahendaks meie praegused energiakriisid. Termotuumaenergia, mis seisneb kergete aatomituumade liitumisel vabaneva energia tootmisel, on üsna keskkonnasõbralik ja ammendamatu. Meie tehnoloogilise maailma ülalpidamine (näiteks erinevad tööstused, autod, arvutid, mobiilside, televisioon, transport jne) vajab aga väga palju energiat.

3.5.1 Lisa: robootika ja tööstuslike juhtimissüsteemide tootja Fanuc

Fanuc on üks maailma juhtivaid robootika ja tööstuslike juhtimissüsteemide tootjaid. See asutati 1947. aastal pooljuhtide ettevõttena Fuji National Corp. ja müüs oma pooljuhtide tootmistegevused 1965. aastal, misjärel hakkas tootma tööpinkide juhtimissüsteeme.

1972. aastal sai Fanuc oma ettevõtteks ja muutis oma nime Fanuc Ltd-ks, mis tähendab “Functional Automatic Numeric Control” (arvuti). Varsti pärast seda tõid nad turule oma esimese robotiliini ja servoajamisüsteemid, tutvustades mitmeid teisi arvutipõhiseid tööpinke, sealhulgas S2M/S4M-seeria, mis olid nende B-seeria väiksemad versioonid, masinad.

1979. aastaks oli Fanuc kasutusele võtnud oma esimesed viieteljelised robotkäed koos asendi ja jõu tagasisidega selliste rakenduste jaoks nagu keevitamine ja mehaaniline töötlemine. 1986. aastal tutvustati uut CNC-juhtpaneelide seeriat, mida nimetatakse C-seeriaks, sealhulgas C-1 kuni C-20 süsteemid, kasutades ainulaadset paralleelsiinide arhitektuuri, mida tuntakse C-BUS-i nime all.

Seda kasutatakse ka tänapäeval.

1987. aastaks oli Fanucist saanud maailma suurim tööstusrobotite tootja, kelle turuosa on üle 20% (seda tänapäevalgi) ja aastane tootmisvõimsus 20 tuhat ühikut kogu maailmas.

3.5.1.1 Fanuc'i ajalugu

Fanuc asutati 1947. aastal pooljuhtide ettevõttena Fuji National Corp., et toota räni pooljuhte. Fuji National Corp. oli esimene ettevõte, mis hakkas Jaapanis massiliselt tootma ränitransistore. Neid kasutati algul peamiselt telerite ja raadiote jaoks, kuid hiljem jõudsid need ka arvutitesse. 1965. aastal müüs Fuji National Corp. oma pooljuhtide tootmise ja hakkas müüma tööpinkide juhtimissüsteeme.

Fanuci esimene CNC-masin oli FANUC B-2000, mis võeti kasutusele 1968. aastal. B-2000 oli 5-teljeline masin, mille tööümbris oli 5′ x 8′. See oli programmeeritav esipaneelilt ja võis töötada kiirustel kuni 2000 pööret minutis freesimisel või 3100 pööret minutis puurimisel. B-2000 oli esimene CNC-tööpink, mis ei kasutanud perfokaarte. See oli arvutitööpink ja kasutas patenteeritud keelt nimega FANUC 4D. See oli revolutsiooniline, kuna võimaldas väheste programmeerimiskeeltega kasutajatel luua oma masinatele programme. FANUC 4D võimaldas kasutajatel programmeerida otse oma arvutist. B-2000 kasutas seda keelt ja sellest sai kõigi tulevaste Fanuci juhtimissüsteemide standard.

1970. aastatel tutvustas Fanuc mitmeid teisi arvutipõhiseid tööpinke S2M ja S4M seeriatest, mis olid nende B-seeria masinate väiksemad versioonid. S2M oli väike freespink, mille töölaud oli mõõtmetega 7 tolli x 11 tolli (178 mm x 279 mm). Sellel oli neli pöörlemistelge ja seda sai kasutada paljude ülesannete jaoks, sealhulgas metallosadesse graveerimiseks või aukude puurimiseks. S4M sarnanes oma suuremale kolleegile, kuid oli veelgi väiksema tööpinnaga: 4 tolli x 6 tolli (102 mm x 152 mm).

Väikseim Fanuci eales toodetud CNC-juhtsüsteem kandis nime "FANUC MACHINE CONTROL SYSTEM" või lühendatult FMS-1A/B; see koosnes ainult kahest teljest (X-Y), mida juhtis üks CPU-kaart (CPU1), millel oli 16 000 sõna mäluruum pluss veel üks telg, mida saab hiljem vajadusel lisada, nii et täiendavaid kaarte pole üldse vaja. Neid süsteeme kasutati laialdaselt 1980ndatel kuni 1990ndate alguseni, mil arvutid muutusid koduseks kasutamiseks piisavalt taskukohaseks, muutes need tänapäeval vananenuks, välja arvatud võib-olla muuseumiesemed.

1972. aastal muudeti nimi Fanuc Ltd-ks. Fanuc Ltd. asutati 1972. aastal börsiettevõttena ja kõigi Fanuci äriüksuste valdusettevõttena. Samal ajal hakkasid nad oma tooteid mitmekesistama ka CNC-juhtimisseadmetest ja muudesse automatiseerimisvaldkondadesse, nagu robootika ja mehhatroonika (mehaaniliste seadmete ja elektroonika kombinatsioon).

Fanuc 6 seeria. Fanuc andis oma esimesed servoajamisüsteemid välja 1979. aastal, mis tekitas nende ettevõttes revolutsiooni ja võimaldas neil konkureerida selliste konkurentidega nagu Siemens AG. See tähendab, et 1979. aastal andis FANUC välja System 6 CNC-seeria, millel oli mullmälutehnoloogia. See uus tehnoloogia täiustas eelmist tüüpi mälu, kuid sellel oli aeglane juurdepääsukiirus ja see oli problemaatiline. Ettevõte täiustas seda tehnoloogiat, luues suuremahulised integreeritud kiibid (LSI), mis vähendas oluliselt IC-de arvu tema toodetes ja suurendas töökindlust. FANUC tutvustas ka impulsslaiuse modulatsiooni (PWM) seadeldist, mis kasutasid SCR-i asemel transistore. See võimaldas suuremat positsioneerimiskiirust, kuna transistorid on kiiremad kui SCR-id.

Fanuc 7. seeria. Umbes samal ajal, kui 6. seeriat tutvustati, tegi FANUC koostööd Siemensiga, et luua võimsam juhtseade: 7. seeria. 7-seeria tuli Siemensi riistvaraversioonina ja FANUCi riistvaraversioonina. FANUC lõi selle juhtseadme projekteerimiseks eraldi meeskonna; aastaid hiljem kavandas see meeskond ka FANUCi 12- ja 15-seeria juhtseadiseid, samas kui 6-seeria konstrueerinud meeskond kujundaks ka 10/11 ja 16/18/21 seeriad. Nii sai alguse FANUCi kahest meeskonnast koosnev lähenemine juhtseadmete ehitamisele.

1982. aastal tutvustas Fanuc oma esimesed viieteljelised robotkäed asendi ja jõu tagasisidega selliste rakenduste jaoks nagu keevitamine ja mehaaniline töötlemine. Neid roboteid kasutati autode ja lennukite tootmisel, aga ka muudes tööstusharudes, nagu laevaehitus ja kosmosetööstus. Fanuc kavandas need robotid ka nii, et neid saaks hõlpsasti integreerida olemasolevatesse süsteemidesse, kasutades standardiseeritud ühendusi roboti kontrolleri ja masina juhtimissüsteemi vahel. See võimaldas teistel tootjatel seda tehnoloogiat edasi arendada, luues oma kohandatud lahendusi, kasutades Fanuci põhikomponente, nagu kontrollerid või servoajamid.

Fanuc on oma valdkonna uuenduste pioneer. Fanuc on uuenduslik ettevõte, millel on pikk ajalugu tipptasemel toodete tootmisel tööstuslikeks rakendusteks. Nende süsteemide populaarsus kasvas kiiresti tänu nende suurele jõudlusele ja töökindlusele, võrreldes muude sel ajal saadaolevate juhtimissüsteemidega, nagu pneumaatilised või hüdrosüsteemid. Lisaks ei olnud CNC-kontrolleris endas liikuvaid osi, seega kulus aja jooksul vähem kui muud tüüpi juhtseadiste puhul, mis võib aja jooksul vähendada hoolduskulusid.

1986. aastal tutvustati uut CNC-juhtplaatide seeriat, mida nimetatakse C-seeriaks, sealhulgas süsteemid C-1 kuni C-20. Need süsteemid kasutasid ainulaadset paralleelsiinide arhitektuuri, mida tuntakse kui C-BUS. Selle perekonna esimene süsteem oli C-1, mis suutis käsitleda kuni 20 telge ja kasutas 8-bitist mikroprotsessorit 2 KB muutmälu ja 4 KB ROM-iga. Sellel oli ka sisseehitatud Etherneti ühendus, mis võimaldas sellel suhelda teiste võrgus olevate masinatega või isegi teiste võrkudega (kui need olid olemas).

Sellele järgnes hiljem C10, mis lisas rohkem I/O valikuid, ja CM10, mis lisas veelgi rohkem I/O valikuid.

1987. aastaks oli Fanucist saanud maailma suurim tööstusrobotite tootja. Fanuc oli kahtlemata tööstusrobootika pioneer ja 1987. aastaks oli temast saanud üle 20% turuosaga maailma suurim tööstusrobotite tootja. Fanuci aastane tootmisvõimsus oli 20 000 ühikut üle kogu maailma. Fanuc on ka praegusel ajal üks suurimaid tööstusrobotite tootjaid maailmas. Neil on suurepärane maine kvaliteedi ja usaldusväärsuse poolest, mis on teinud neist selles valdkonnas liidriks alates nende asutamisest 1947. aastal. Fanuc pakub laias valikus tooteid erinevate rakenduste jaoks, sealhulgas automaatikasüsteemid, robootika ja juhtimissüsteemid – kõik on loodud üht eesmärki silmas pidades: tootlikkuse parandamine, vähendades samal ajal klientide kulusid üle kogu maailma.

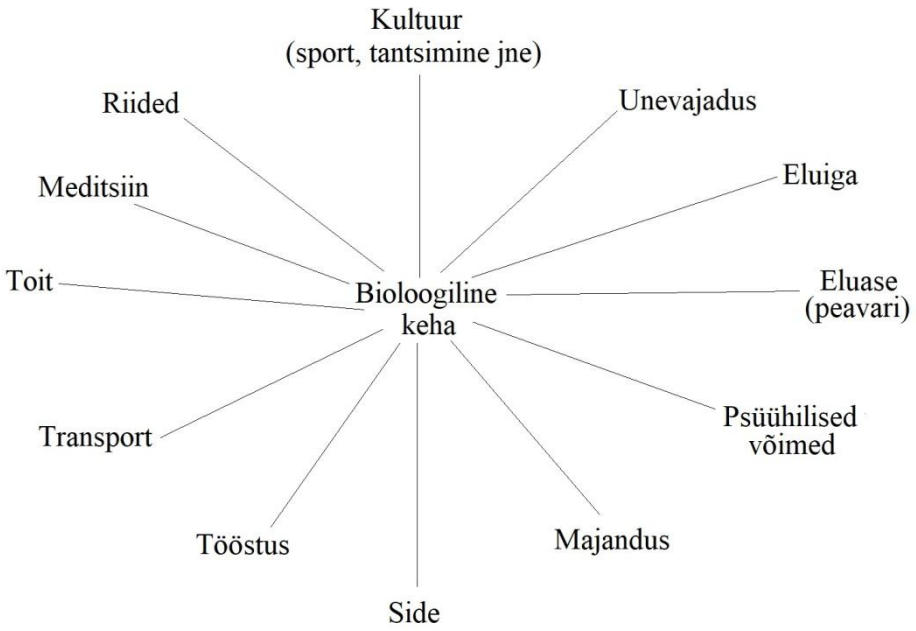
3.6 Ülitsivilisatsiooni elukorraldus

Universumis eksisteerivaid tsivilisatsioone võib primitiivselt klassifitseerida vastavalt nende tehnilise arengu järgi. Selle järgi on eksisteerivaid tsivilisatsioone ainult kolme liiki: tsivilisatsioonid, mis ei oma tehnilist arengut üldse või omavad väga minimaalsel tasandil (näiteks oli selleks kunagine kiviaja või keskaja inimkond); tsivilisatsioonid, mis omavad vajalikuks elutegevuseks juba arenenud tehnoloogiat (näiteks tänapäeva inimkond pärast suurt tööstusrevolutsiooni) ja tsivilisatsioonid, mis ei vaja enda ellujäämiseks mingeid ressursse ega tehnoloogiaid (näiteks kehavälised eluvormid – valgusolendid). Vastavalt tsivilisatsiooni arengu tasemele võib selle vastav klassifikatsioon ajas muutuda ja ka nende piirid on üsna hägusad.

Kuid õigem oleks Universumi tsivilisatsioone klassifitseerida ainult nende elutegevuse (s.t. enda elatumise) järgi.

Näiteks inimühiskonna toimimiseks peab iga inimene sellele panustama oma aega tööl käies. Kuna seda ei tee keegi vabatahtlikult, siis inimühiskonnas eksisteerib nö. sundlus rahanduse näol. See tähendab seda, et absoluutselt igasuguse kauba omandamise või teenuse kasutamise eest peab maksma teatud tasu ja see eeldab inimese maksejõulisust, mis omakorda tingibki tööl käimise vajaduse. Inimese sissetulekut saab võimaldada ainult enda tööjõu rakendamine ühiskonna huvides. Kuid selleks, et inimesed saaksid tööl käia, peab ühiskond inimestele pakkuma tööturgu ja ka

vastupidi – et inimesed saaksid kasutada ühiskonna üldiseid hüvesid ehk kaupasid ja teenuseid, tuleb inimestel endal pakkuda ühiskonnale tööjõudu ehk ressursiturgu. See tähendab seda, et erinevate kaupade ja teenuste vahetamine saab toimuda ainult nende kahe suure turu olemasolu korral. Valitsuse olemasolu on tarvilik ühiskonna õiglase toimimise pärast. Et tarvitavad kaubad ja teenused oleksid õiglaselt kättesaadavad igale inimesele, ongi selleks vaja valitsuse struktuurset ühiskonna reguleerimist. Inimese sissetuleku (ehk kuupalga ehk tehtud töö tasu) suurus sõltub eelkõige nõudluse ja pakkumise suhtest.



Joonis 9 Paljud inimese eluvaldkonnad on tingitud sellest, et inimene eksisteerib füüsilise (s.t. bioloogilise) kehana.

Kuid eluvormi eksisteerimine ilma füüsilise kehata (ehk ainult mateeria väljana) avaldab tohutut mõju ühiskonna struktuurile ja selle elutegevusele. Näiteks surmalähedaste kogemustega inimesed on kirjeldanud oma kogemusi nõnda:

> „*Ma olin vaba mitte üksnes raskusjõust, vaid ka kõikidest muudestki inimlikest piirangutest. Ma sain lennata, sain seda teha nii oskuslikult, et tundsin ennast ümber muudetuna... Keegi ei tundnud vajadust magada... Me olime vabad kõikidest nendest vastuoludest, mis ajaloolaste arvates on sõdade ja muude konfliktide põhjuseks, kaasa arvatud maa, toit ja peavari.*“

Elu olemus ja selle füüsilised võimalused inimese kehavälises olekus langevad erakordselt hästi kokku ka bahai usundi ettekujutusega inimese surematust hingest:

> „Bahai usund ei jaga kindlaks kujunenud vaateid taevale ja põrgule kui füüsilistele tasu- või karistus-paikadele, vaid peab neid kirjeldusi sümboolseks. Bahaide usk sellesse, et inimhing ei ole materiaalne, ei võimalda neil võtta taevast ja põrgut otseses mõttes füüsiliste paikadena. Tegelikult õpetavad bahai tekstid, et hinge püsivuse ja surematuse kindlustab tema mittemateriaalne olemus. See vabastab hinge ka allumisest materiaalsete nähtuste füüsilistele piirangutele, tema eksistentsiks pole vaja teatavat „aega“ või „kohta“. Aega ja kohta (ehk ruumi) selles mõttes, nagu me neid tavaliselt kasutame, vajavad üksnes füüsikaliste omadustega olendid. Kuna aga hing ei ole tehtud ainest, ei vaja ta aega ega ruumi selles mõttes, nagu meie neist aru saame; vabana sidemetest maise kehaga, on hingedel võimalik paremini saavutada Jumala tunnetamist, omaenda olemust, loodud maailma saladusi, ning neil on võimalik saavutada kohalolu kõikjal.“ (*Elu pärast surma*, lk.

101)

Sellisel juhul erineb ühiskonna elutegevus tunduvalt sellest, kuidas me praegusel ajal elame või oleme ette kujutanud elu tuleviku maailmas. Kogu tsivilisatsiooni hierarhia ja selle elukorraldus on erakordselt teistmoodi, kui seda ette kujutatakse ulmefilmides ja fantaasiakirjanduses. Ka sellised ühiskonna ja inimeste elukvaliteeti puudutavad probleemid, mis kaasnevad praeguse maapealse majanduseluga, lakkaksid täielikult. Kogu meie elutalitlus oleks suures ulatuses teistsugusem ja hulga lihtsam, kui praegune Maal elavate inimeste elukorraldus.

Näiteks üks mõjudest avalduks transpordis, sest sellises ülitsivilisatsioonis ei ole vaja mitte mingisuguseidki sõiduvahendeid. Seda sellepärast, et eluvorm eksisteerib elektromagnetväljana ja seetõttu selle füüsikalise välja levimiskiirus ruumis võib olla palju suurem kui inimesel, kes kasutab ruumis liikumiseks ainult oma jäsemeid. Sellises ülitsivilisatsiooni elutalitluses muutuksid tarbetuks igasugused transpordivahendid – alates allveelaevadest lõpetades lendavate autodega (mida on ulmefilmides sageli ettekujutatud) ja lennukitega. Niimoodi muutuks kogu ühiskonna pilt. Kuid transpordi kadumisega muutuksid olematuks ka sellega seotud spetsiifilised probleemid. Näiteks õhusaaste, mida võivad põhjustada mõningate transpordi liikide heitegaasid, muutuksid olematuks. See on ka planeedi kliima soojenemise üks tekke põhjustest.

Maal elavad inimesed sõltuvad väga suurel määral Maal elavast elusloodusest, millega tuleb inimestel “planeeti jagada”. Elus püsimiseks saab inimene oma energia keemiliselt ehk toidu ja vee kaudu, mis saadakse loomadelt, taimedelt ja mageveekogudelt. Selline suur sõltuvus elusloodusest aga valgusolenditel puudub, sest nendel eksisteerib energia elus püsimiseks lõpmatult kaua aega. Valgusolendi kiiratavad valguslained eksisteerivad lõpmata kõverdunud aegruumis lõpmata ajaperioodi jooksul. Keemilist energiat, nagu toitu ja vett, ei ole neil enam vaja. Võib öelda, et valgusolendi energiaväli eksisteerib sarnaselt nii nagu näiteks planeedi Maa magnetväli, mis ei vaja eksisteerimiseks “toitu ega vett”. Kui Maal ei eksisteeriks mingil põhjusel enam taime- ega loomariiki, siis sureks inimkond väga kiiresti välja. Kuid valgusolendeid see ei mõjutaks, sest nemad ei sõltu “lihast”. Kui eluvorm ei sõltuks elus püsimiseks enam keemilisest energiast (näiteks toidust ega veest), siis muutuksid olematuks ka maailma toidu probleemid ja toidu valmistamisega kaasnevad protsessid ja tehnoloogiad. Näiteks ei ole inimestel enam vaja kasutada külmkappe, pliite, teekanne, vee kraane ega muid toidu valmistamisega seotud atripuute.

Maal elavad inimesed tarbivad väga erinevaid tehnoloogilisi vahendeid - autod, arvutid, mobiilside, lennukid jne. Kuid sellised tehnilised abivahendid tegelikult ainult korvavad meie vaimseid ja füüsilisi puudusi, mis on tingitud bioloogilistest ja psühholoogilistest piirangutest. Näiteks inimene ei suuda füüsiliselt liikuda ruumis kiirusega 200 km/h. Just sellise “inimliku puuduse” korvab ära meie tehnoloogia suursaavutused – näiteks autod, lennukid, laevad jne. Kui aga inimene ei sõltu enam oma kehalistest piirangutest (s.t. eksisteerib ainult kehavälise olekuna), siis esineb inimesel vastava oleku uued füüsikalised omadused, mis bioloogilise keha korral oleks mõeldamatu. Näiteks sellisel juhul ei ole enam vaja autosid ega ka sidevahendeid, sest inimese füüsilised ja ka psüühilised võimalused on nüüd palju suuremad kui seda muidu bioloogiline keha üldse võimaldaks. Selline valgusolendiks kutsutav inimene ei sõltuks enam üldse tehnoloogilisest maailmast. See tähendab seda, et ollakse täielikult sõltumatu “materiaalsetest piirangutest”. Just selles seisnebki kogu ülitsivilisatsiooniteooria põhimõte ja arusaamine. Ulmefilmides ja fantaasiaromaanides on kujutatud tuleviku maailmasid äärmiselt tehnologiseeritutena, mille korral vajaksid inimesed kõikjal näiteks mikrokiipe ja hõljuklaevasid. Kuid tõeline kõrgelt arenenud tsivilisatsioon selliseid tehnoloogiaid enam ei vaja.

Kuna sellises ülitsivilisatsioonis pole enam vaja midagi toota, sest midagi enam ei tarbita, siis seega hääbuks tarbimiskultuur, mis põhjustaks kogu tööstuse kadumist. See tähendab majandustegevuse otsest lakkamist. Näiteks autotööstust (või mingi muu transpordi tööstuse haru) ei oleks mõtet luua, sest autosid ei ole valgusolenditele enam vaja ja koos sellega kaoks ära ka liikluskultuur ja osa üldisest infrastruktuurist. Kui ei esineks ka haigusi (mis praegu võib inimestele tunduda võimatuna), siis ei oleks vaja ka meditsiini ega seega ka haiglaid. Ka riiete kandmine ei oleks enam tarvilik ja seega muutuks tarbetuks ka tekstiilitööstus. Kogu inimühiskonna majandusliku tegevuse üheks põhialuseks ongi inimeste kõikvõimalike kaupade ja teenuste

tarbimine ja tootmine. Seega võib öelda, et inimühiskonnad on kui tarbimisühiskonnad. Tarbimise vajaduse täielik kadumine põhjustaks sellise tsivilisatsiooni ühiskonna struktuuri tekkimise, mis erineks fundamentaalselt meile seni tuntud elukorraldusest. Tekib küsimus, et kas siis ühiskonda kui süsteemi üldse enam eksisteerikski. Selles seisnebki ülitsivilisatsiooniteooria olemuse põhimõte.

Ülitsivilisatsiooni arengu tase ei seisne selles, et "kaotame kõik autod ja arvutid ära", vaid selles, et eluvormid ei ole tehnoloogilistest seadmetest enam sõltuvuses. Näiteks kehast väljunud inimese eksisteerimine ei sõltu enam hapnikust, kuna elus püsimiseks ei ole tal enam vaja hingata. „Vaimkeha" ei koosne ju rakkudest ega organitest, seega ka kopsudest. Ta ei sõltu ka ümbritsevast füüsilisest keskkonnast (näiteks ilmaoludest, tormidest, looduskatastroofidest jne), kuna eksisteeritakse hyperruumis ehk aegruumist väljapool. Inimeste seni väga piiratud bioloogilised ja psühholoogilised võimed ja omadused (nagu näiteks mõtlemine, ruumis liikumine, energiavahetus jne) on ülitsivilisatsiooni arengu tasemel palju suuremate võimalustega, mis muidu asendaksid kõikvõimalikud erinevad tehnoloogilised seadmed.

Kuid kõige suurem erinevus, mis eristab elu inimühiskonnas sellisest mittemateriaalsest elust (ehk võib põhimõtteliselt öelda ka maavälisest elust) seisneb aga isiku elatumises. See tähendab seda, et inimühiskonnas peab inimene enda eksisteerimiseks igapäev tegelema enda elatamisega. Näiteks inimene peab elus püsimiseks igapäev toituma, kuid toiduainete saamiseks peab inimene suurema osa oma elust tegelema ühiskasuliku tööga, mille eest on võimalik saada tulu (raha) erinevate maksude maksmiseks ja igapäevase toidu hankimiseks. Elus püsimiseks peab inimene tegelema pidevalt tööga ja niimoodi ongi elu inimühiskonnas välja kujunenud „töö eluks". Kuid mittemateriaalse eluvormina (ehk kehavälise olekuna) puudub otsene vajadus tegeleda pidevalt enda elatamisega, kuna see tuleneb isiku teistsuguse füüsilise keha omadustest. Isegi teaduse ja tehnoloogia areng ei ole inimühiskonnas suutnud sellist võimalust luua. Inimene on muutnud oma looduskeskkonda enda otstarbeks, kuid varem pidi inimene selleks ise muutuma vastavalt loodusele. Eksisteerides aga ainult elektromagnetväljana hyperruumis ei ole enam vaja neist kumbagi.

Inimeste orjapidamine ja sellest tulenev orjakaubandus oli inimühiskonnas sajandeid tagasi väga üldlevinud nähtus. See kestis ise sajandite jooksul. Tänapäeva õigusriiklik kord on selle juba ammu ära keelanud ja näidanud selle inimõiguste ränga rikkumisena. Pärisorjus on inimühiskonnas ära kaotatud suuresti 19. sajandil, kuid tegelikult võib väita, et see on ühiskonnas muutnud oma vormi. Näiteks enamus ajast, mil inimene on ärkvel, tehakse tööd tulu teenimise eesmärgil. Suurem osa arenenud ühiskonnas käiakse palgatööl viis päeva nädalas, neli nädalat kuus ja üksteist kuud aastas. Suurem osa ärkveloleku ajast peab inimene tegelema ühiskasuliku tööga, et ennast kuidagi ära elatada. Pika aja jooksul on inimühiskonnast välja kujunenud tööühiskond. Kui aga mingil põhjusel tööd ei tehta või tööd ei leidu, siis ei saa ka vastavat tasu ja elukvaliteet selle arvelt ka suuresti langeb. Kõikjal on välja kujunenud olukord, kus inimesed elavad ainult selleks, et teha tööd ja teenida oma riiki. Üsna sageli osutub riigieelarve tulude ja kulude tasakaal olulisemaks kui üksikinimese elukvaliteet. Riigi majanduse elavdamine on kujunenud üksikinimese heaolust olulisemaks ehkki poliitikud väidavad vastupidist. Väike osa inimeste materiaalsest sissetulekust läheb erinevate maksude maksmiseks, mis on vajalik ühiskonna eluspüsimiseks. Ülejäänud sissetulekust kasutab inimene oma hüvede maksmiseks. Vaesus on inimühiskonnas esinenud juba selle tekkimisest alates. Vaesuses elab tänapäeval märkimisväärne osa kogu Maa tsivilisatsiooni elanikkonnast. Ainuüksi tänapäeva Venemaal elab umbes 30% rahvastikust alla vaesuspiiri, mida näitavad riigi ametlikud statistilised uuringud. Paljud arvavad, et see protsent on tegelikkuses suuremgi. Paljude inimeste reaalne elu erinevates riikides on välja kujunenud ühiskonna materiaalseks teenimiseks, mis väljendub näiteks riigieelarve tasakaalu hoidmises või riigi/piirkonna majanduskasvus. Inimese elu mõte ja tegevus Maal on välja kujunenud materiaalse sissetuleku teenimiseks. Kuid elu ei tohiks seisneda ainult selles, sest elu on palju väärtuslikum. Väärtushinnangud elule või selle heaolule on inimestel ja isegi riigi tasandil väga suuresti varieeruvad ja enamasti isegi väärad. Töö tegemise aega võiks olla palju vähem, kuid selleks tuleb vastavalt muuta suurem osa inimühiskonna elukorraldusest. Umbes kolmandik inimeste elust kulub niikuinii une vajaduste täitmiseks.

Võib öelda, et inimeste põhitegevus seisneb ebapropotsionaalselt suurel määral enda elatamises,

mistõttu sarnaneb kogu inimühiskonna elutegevus pigem loomariigi omaga, sest ka loomad on sunnitud enda eksisteerimiseks pidevalt toituma ja seda hankima. Ainult vorm (s.t. elatamise viis) eristab inimeste elutegevust loomadest.

Kuna kehavälises olekus eksisteeriv inimene ei pea enda eksisteerimise aja jooksul tegelema enda elatamisega (nagu seda teevad bioloogilised inimesed planeedil Maa), mis üldiselt eeldab paikset eluviisi, siis sellisel juhul saab paikne eluviis asenduda nö. rändava eluviisiga. See tähendab seda, et „vaimkeha“ võimaldab „uute maailmade“ (s.t. paikade) avastamist läbi tohutu Universumi. Kuna inimeste surmalähedastes kogemustes on nähtud „müstilisi“ tunneleid, siis võib sellest oletada, et kehavälised intellektid suudavad tekitada ja ka kasutada aegruumi tunneleid suurte kauguste ületamiseks. Universum on aga niivõrd tohutult suur, et selle kõikide paikade (näiteks planeetide või galaktikate) avastamine võtab ilmselt lõpmata kaua aega. Kuid kehavälise intellekti eksisteerimise aeg on teadaolevalt piiramatu.

3.7 Side võimalused ülitsivilisatsioonis

Peale toidu ja veega seonduvaga on Maal elav inimkond suures sõltuvuses ka igasugustest sidevahenditest nagu näiteks mobiiltelefonidest, arvutitest, televisioonist jne. Sõltuvus ei ole siin võibolla kõige täpsem kirjeldus, pigem neid “vidinaid” tarbitakse. Ametliku definitsiooni järgi on arvuti masin, mille otstarbeks on tehete sooritamine ehk andmete hõivamine, säilitamine, töötlemine, väljastamine ja edastamine vastavalt etteantud reeglitele. Laiemalt või piltlikumalt võib arvuti tähendada virtuaalset reaalsust loovat mehaanilist või elektroonilist masinat, mis võimaldab kuulata muusikat, vaadata filme ja pilte, lugeda kirju, ise reaalsust animeerida, teistega kommunikeeruda, mängida erinevaid mänge jne. Sarnaselt võib mõista ka internetti virtuaalse reaalsusena.

Inimesed on võimelised looma virtuaalreaalsust arvutite tehnoloogiaga. Näiteks virtuaalreaalsust võivad vahendada televiisor, arvuti kuvar või nutitelefoni paneel: ühesõnaga kõik seadmed, millel on kuvar ja mis näitab liikuvaid pilte. Kuid enamasti kujutatakse virtuaalreaalsust siiski spetsiaalsete prillidega: inimene paneb spetsiaalsed prillid omale silmade ette ja näeb maailma sellisena, mida prillid parajasti näitavad. Virtuaalseid maailmasid luuakse arvuti programmidega, mille korral kasutatakse animatsiooni ja graafikadisaini elemente. Kuid inimeste surmalähedased kogemused näitavad, et kehavälises olekus saab erinevaid virtuaalreaalsusi tekitada ainult mõtte jõul. Sellisel juhul ei ole vaja mittemingisuguseid spetsiaalseid prille, monitore, kuvareid ega arvuti programme. Kõik loodav on ainult mõtlemisega tehtav ja kõik loodu on eristamatu pärisreaalsusega. Tekkivates reaalsustes on kehaväline intellekt täielikult sees, kaasates kõiki viite meelt. Sellist võimalust ei võimalda mitte ükski maapealne virtuaalreaalsuse tehnoloogia.

> Inimene on suuteline ettekujutama erinevaid sündmusi, kauneid maastikke, huvitavaid tegelasi, mälestusi, protsesse ja toiminguid. Kujutlusvõime võimaldab inimesel näha oma enda vaimusilmas seda, mida reaalselt ei eksisteeri. Unenägudes muutuvad inimese kujutlused reaalseteks visuaalideks, mida magav inimene kogeda saab. Kuid kehavälises olekus on inimene suuteline oma kujutlused muutma nähtavateks reaalsusteks. See tähendab, et kui bioloogilise kehaga inimesele on antud kujutlusvõime realiseerida erinevaid visuaale oma enda vaimusilmas, siis kehavälises olekus muutub selline võime selliseks, et kujutlusi on võimalik muuta nähtavateks reaalsusteks. Sellisel juhul inimene ei maga, vaid on täiesti ärkvel olekus ehkki võib see sarnaneda unenäoga. Virtuaalreaalsuse prille ei ole sellisel juhul enam vaja, piisab ainult ettekujutamisest. Selle toimimise viisi ei ole veel täpselt teada, kuid surmalähedased kogemused näitavad sellise võime eksisteerimise olemasolu inimese kehavälises olekus.

Kehavälises olekus saavad intellektid muuta oma kujutlused enda jaoks või ka teiste kehaväliste intellektide jaoks nähtavateks visuaalideks. Näiteks surmalähedaste kogemuste ajal näevad kehast väljunud inimesed mõnikord kauneid maastikke, imelisi paiku, taevaväravaid või põrgutuld, hirmuäratavaid olendeid või muid teisenenud reaalsusi, mis tegelikkuses ei eksisteeri. Varem arvati, et need tulenevad ajukeemia häiritusest vahetult enne inimese surma, kuid võib siiski oletada, et neid „virtuaalseid reaalsusi“ loovad tegelikult teised kehavälised intellektid, kes muudavad oma kujutlused kehast väljunud inimesele nähtavateks. Ka selline võime on seotud telepaatiaga, mille toimimisviis on teadusele veel suur mõistatus. Kehast väljunud inimene ei ole kehavälises olekus enamasti üksi. Peaaegu alati on tema läheduses ka mõni teine valgusolend, ehkki ta võib olla inimesele nähtamatu. Kehavälises olekus on inimesed võõraste valgusolendite mõjusfääris, mistõttu ei pruugi inimestel olla teatud asjades vabatahet. Need valgusolendid mõjutavadki telepaatia kaudu visuaalselt kehast lahkunud inimese „mõistust“ oma sõnumite ja õpetuste edastamiseks.

Paljud patsiendid on öelnud, et surmalähedaste kogemuste ajal näevad nad kõige muu korral ka „elu silme alt läbi jooksmas“. Ka selline nähtus avaldub virtuaalse reaalsuse visualisatsioonina, kuid sellega kaasnevad sageli rahva seas valed arusaamad. Näiteks sageli arvataksegi, et vahetult enne surma jookseb inimese elu „silme alt läbi“. Kuid detailidesse laskudes ei ole see tegelikult üldsegi õige. Esmalt näeb kehast väljunud inimene ebamaist valgusolendit või tunnetab tema lähedalolu. See valgusolend „kuvab“ tema ees kolmemõõtmelise panoraami, milles visualiseerubki inimese elu erinevad etapid. Kogu elu siiski mitte, vaid pigem elu kõige olulisemad ja pöördelisemad sündmused. Selle käigus õpib inimene oma vigadest või tunneb suurt rõõmu kordaminekutest. Võib oletada, et ka sellist visualisatsiooni võib pidada meie mõistes virtuaalseks reaalsuseks, mis lähtub kehast väljunud inimese mõtetest, kuid tekitajaks on siiski tema lähedal olev valgusolend. Inimesed on tundnud, et „elu panoraami“ jälgimise ajal eksisteerib teistsugune aja mõõde võrreldes niiöelda maapealse aja dimensiooniga. Selle juures kogetav ajamõõde on hoopis teistsugune, kui me seda tajume maa peal olles. Aeg on omandanud hoopis eripärase eksisteerimise vormi. Inimese kogu elatud elu on võimalik nüüd detailselt näha.

> Eelnevalt oli kirjeldatud sellist võimet, mille korral suudab inimene muuta oma kujutlused enda jaoks nähtavateks visuaalideks, kuid selle toime mehhanismi ei ole veel täpselt teada. Sellegipoolest võib teha selle kohta mõned tõsiseltvõetavad oletused. Näiteks bioloogilises kehas olles muutuvad inimese kujutlused nähtavateks visuaalideks alles siis kui inimene ei ole enam ärkvelolekus. See avaldub ainult unenäoseisundis. Kuid kehavälises olekus puudub inimesel vajadus une järele, mistõttu on inimene pidevalt ärkvel. Pidev ärkvelolek unevajaduse puudumise tõttu võibki põhjustada ärkvel olekus uue võime avaldumise (või vähemalt on sellega kuidagi põhjuslikult seotud), mille korral suudab inimene oma enda kujutlused muuta enda jaoks nähtavateks visuaalideks, mis muidu avalduks ainult unenäoseisundi korral. Bioloogilise kehaga inimese korral avaldub selline võime ainult unenäoseisundis, mille korral ei ole inimene enam ärkvel. Unenäomaailmas võib inimene muuta maailma täpselt selliseks nagu ta ise soovib. See avaldub eriti kirgaste unenägude korral, mil inimene juhib teadlikult oma unenäo kulgu.

Ka inimese aju loob ümbritsevast maailmast virtuaalse tegelikkuse. Surmalähedased kogemused on näidanud, et inimeste kehaväliste olekute korral ehk seega ülitsivilisatsiooni arengu tasemel kasutatakse sellist aju omadust inimeste kui intellektide vajaduste rahuldamiseks. Näiteks Jaron Lanier on juba varem välja käinud idee, et virtuaalreaalsus võib osutuda keele kommunikatsioonist uueks võimaluseks inimeste vaheliseks suhtlemiseks. Virtuaalses reaalsuses luuakse realiteete, nendest enam ei räägita. See tähendab seda, et seal ei kirjeldata neid, vaid neid luuakse. Sellise

virtuaalreaalsusega looksime absoluutselt kõike seda, mida muidu peame looma reaalsete ehk füüsiliste (tehnoloogiliste) vahenditega. Näiteks oleks inimene suuteline nägema filme või kuulama muusikat ilma, et need objektiivselt olemas oleksid. See tähendab seda, et need on olemas inimese enda peas, mis on esitatud nii nagu näeks seda otse arvuti- või kinoekraanilt. Selline võimalus, mis varem esines ainult psühhiaatriliste hälvetega inimestel, kasutatakse teadlikult ära tervetel inimestel. Selle tulemusena ei pea inimene enam tarbima näiteks arvuteid, mobiiltelefone ega muid infotehnoloogilisi seadeldisi, sest näiteks arvuti ekraanil kuvatud visualisatsioon esitub selle asemel nüüd inimese „ajus“ ja seega arvab inimene seda visualisatsiooni nägevat väljaspool aju. See tähendab seda, et inimese enda aju loob nüüd kõik selle, mis varem võimaldasid esitada (s.t. luua) ainult tehnilised seadeldised nagu näiteks telekas, arvuti, telefon jne. Näiteks skisofreenikud võivad näha erinevaid hallutsinatsioone, mida tegelikult (s.t. objektiivselt) ei eksisteeri. Seepärast ei ole tarvidust enam sidevahendite järele nagu näiteks mobiiltelefonid, arvutid, televisioon jne. Ei ole enam vajadust edastada inimestele kaablite või laserite abil informatsiooni. Selliseid tehnoloogiaid ei ole enam vaja tarbida, kui ollakse kehavälises olekus, mille korral mõistaksime inimest valgusolendina. Valgusolendid ei tarbi sidevahendeid nagu näiteks mobiiltelefone, arvuteid, televisiooni jne.

3.7.1 Erinevad reaalsuse teisenemised kunstis

Inimene on sukeldunud teistesse reaalsustesse just kunstivahenditega. Läbi kunsti on pääsetud võimatutesse keskkondadesse, sest just kunstis on kõik võimalik. Inimene ei pea olema isegi oma enda kehas. Moodne digitaalne tehnoloogia on muutnud filmikunsti tundmatuseni.

Alati ei pruugi olla nii, et minnakse reaalsusest ebareaalsusesse. Ühest „dimensioonist“ teise võib toimuda inimese ärkveloleku ja une vahel, vaimuhaiguse ja vaimse tervise vahel, mineviku ja oleviku või oleviku ja tuleviku vahel. Kuid filmides näeme erinevate ajahetkede ja ruumide visualiseerimist ning paralleelset projitseerimist. Filmis on kõik võimalik – ühest ruumist teise või ühest ajahetkest teise on võimalik jõuda hetkega. Kuid kuidas neid „reaalsuse üleminekuid“ filmides ettekujutatakse ehk visualiseeritakse? Kuidas „teisi“ maailmasid visuaalselt ettekujutatakse ja neid tehniliselt markeeritakse? Mida teeb kaamera objektiiv? Kuidas kasutatakse zoomi ja liikumist? Kui ei olnud olemas praegusi digitaalseid tehnoloogiaid eriefektide tootmiseks, siis milliseid efekte siis kasutati? Näiteks Poeet J. Cocteau´ filmis „*Poeedi veri*“ (1932) siseneb teise maailma just läbi peegli. Sellise stseeni visuaalseks esituseks kasutati filmis ühte väikest veega täidetud basseini. Joonis:

Siirdumine teise maailma ja tegelase metamorfeerumine esinevad väga sageli just koos. Vahel peab tegelane ise muutuma, et pääseda teise maailma. Kuid tegelane võib muutuda ka siis, kui ta naaseb teisest maailmast.

Filmides kasutatakse teise maailma üleminekul väravaid, igasuguseid uksi, avausi, rekvisiite jne. Kuid paljud „metafoorsed reaalid“ esinevad tihti koos, mida ei ole võimalik teineteisest lahutada. Näiteks teise maailma sisenemiseks kasutatakse mõnda väravat. Kuid teise maailma sisenemiseks võib abiks olla hoopis mingisugune rekvisiit – mingisugune „võti“, mida peab „lukuauku“ torkamisel oskama kasutada. Näiteks filmis „*Sõrmuste Isand*“ (2001) muutub tegelane pärast võlusõrmuse sõrme panemist reaalsele maailmale nähtamatuks. Tegelane satub nn „kurja maailma dimensioonidesse“. Seda visualiseeritakse laialiuhutud graafilise pildina. Tegelane näeb reaalset maailma, kuid reaalne maailm teda aga ei näe. Joonis:

Filmides kasutatakse igasuguseid rekvisiite – näiteks lülitid, nupud, tehnilised seadmed, agregaadid, katapuldid jne – millede kasutamisel kandutakse üle „teise maailma“ või tullakse sealt tagasi. Näiteks filmis „*Püünis*“ (2000) kasutab tegelane teise maailma siirdumiseks psühhiaatrite abi. Kuid tagasi tulekuks on inimesel olemas käeseljal nupp. „*eXistenZ´*is“ ütleb tegelane välja lihtsalt „paus“, kui on soovi tulla teisest maailmast tagasi või teha lihtsalt üks väike paus. Tegelane nimega Allegra filmis „*eXistenZ*“ on niivõrd kiindunud oma konsooli, et peab seda lausa oma lemmikloomaks. Kuid just selline konsool, mida ühendatakse nabaväädi kaudu kehaga, on tema „võti“, mille abil pääseb ta teise maailma. Joonis:

Tegemist on tegelikult ka raudvaraga ja tarkvaraga. Kõige arhetüüpsem teine maailm on ilmselt just

teispoolsus, mida me näeme filmis „*Igavene armastus*“ (1998). Filmi žanr kuulub üldiselt draama filmide klassi. Filmis näeme Paradiisi ja Põrgut. Mees otsib oma armastatud naist ja lapsi. Keskkonna aluseks on naistegelase maalid, mida siis arvutitega on loodud. Ekraanile manatakse seninägematu visuaalsus ja suursugune keskkond. Teine maailm on üldjuhul reaalsest maailmast testsugusem koos oma reeglitega.

Võrdleme vendade Wachowskite „*Maatriksit*“ („*Matrix*“, 1999) Jean Cocteau´ filmiga „*Poeedi veri*“, „*Orpheus*“ ja „*Orpheuse testament*“ (1959). „*Poeedi veres*“ kandub tegelane „teise maailma“ läbi peegli, mille visualiseerimiseks on tegelikult aga väike vann või bassein. Kuid filmis „*Orpheus*“ toimub tegelikult samasugune situatsioon. „*Matrix*“ ja „*Orpheus*“ on üldiselt väga sarnased just oma rekvisiitide poolest. Cocteau´l on peegel nagu värav, mille kaudu on võimalik jõuda teispoolsusesse. „*Matrixis*“ kandub tegelane läbi peegli aga „elektroonilisest reaalsusest“ tegelikkusesse. Mõlema filmi korral on näha seda, et peegel osutub kanaliks, mille kaudu tegelane kandub teise reaalsusesse. „*Matrixis*“ tegutsev tegelane ei läbi peeglit otseselt, kuid sellel on filmil siiski otsustav osa. Joonis:

Kuid mõlema filmi kaadrid, mille korral viiakse peeglisse käsi ja sõrmed, on väga sarnased. Kuid Orpheus paneb kätte Printsessi kindad enne kui ta peegliga mässama hakkab ja siis torkab oma käed peeglisse, mida filmis visualiseeritakse veepinnana. Joonis:

Kuid „*Matrixis*“ kleepub tegelase käsi peegli „elavhõbedase vedelikuga“ kokku, mille tulemusena „peegli aine“ matab üle kogu tegelase keha olles samal ajal madala temperatuuriga, mis ohustab tegelase südametööd. Joonis:

Pärast Neo taastumist näitab Morpheus talle seda, et mis on reaalsus ja mis on Matrix. Morpheus: „*Sa näed välja vastavalt oma residuaalsele (järelejäävale) enesekujutusele, oma digitaalse mina vaimsele projektsioonile. Kuidas aga defineerida reaalsust? Kui pead selleks seda, mida tunned, nuusutad, maitsed ja näed, siis on reaalsuseks elektrilised signaalid sinu ajus. See maailm eksisteerib ainult neurointeraktiivse simulatsioonina, mida kutsutakse Maatriksiks. Tere tulemast tõelisuse kõrbe!*“. Joonis:

„*Orpheuses*“ on kasutatavad kindad vahendiks teise reaalsusesse minemiseks. See sarnaneb võtmega, millega avatakse muidu kättesaamatu uks teise maailma. Ka Neo käsi imbub nagu klaasjasse kindasse. „*Matrixis*“ osutub „võtmeks“ hoopis punast värvi pill, mille Neo koos veega ära joob. Nimetatud punane pill muudab Neo Matrixi reaalsuse eest nähtamatuks – nõrgendades Neo signaali. Niimoodi toimubki tegelase muutumine. Punane pill:

Mõlemas filmis („*Orpheuses*“ ja „*Matrixis*“) on stseene, mille korral tegelane ei tee vahet unenäomaailmal ja reaalsusel või siinse ja sealpoolsusel. Unenäomaailmas peab inimene aktsepteerima oma unenägusid, mida ta parajasti näeb. Niimoodi vastati Orpheusele, kui ta soovis teada saada, et kas ta näeb und või on ta ärkvel. Orpheus arvab, et ta siiski magab. Surnutele antakse „*Orpheuses*“ elu tagasi tingimusel, et nad kuuluvad Surmale. Nii nad tegelikult ei kuulugi elavate maailma olles oma elu võlgu. See tähendab seda, et need inimesed, kes elavad, on tegelikult surnud. Filmikunstis on võimalik esitada selliseid „võimatuid“ reaalsuse aspekte.

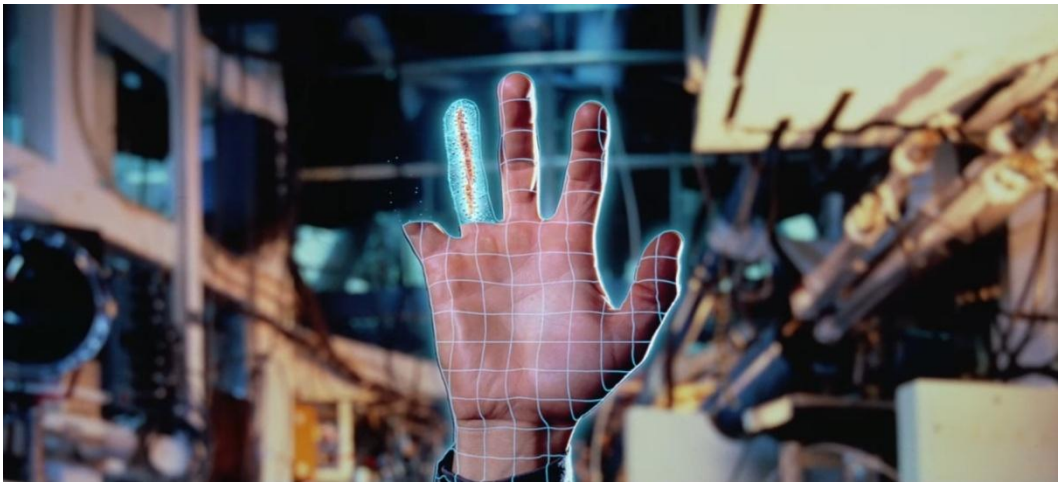
„*Orpheuse testamendis*“ on stseen, kus Cegeste kaob ära ja Poeet küsib: „*Kus sa oled?*“. Cegeste vastab: „*Teisel pool pilti*“. Ka pildipind võib eraldada maailmasid. Eksisteerida on võimalik nii siin- kui ka teiselpool pilti nii nagu siin- ja teiselpool peeglit. Kui „*Orpheuse testamendis*“ minnakse teise maailma või tullakse sealt tagasi, siis tegeletakse pidevalt selle esilekutsumise ja ettevalmistamisega. Cegeste ütleb Orpheusele: „*... pealegi, Maa ei ole su kodu...*“. Poeet on minekul, kadumas, lahkumas. Poeeti mängib just Cocteau´ ise isiklikult, kelle üle mõistetakse kohut. Poeet kohtub ka varasemate tegelastega ja „annab aru“. Kui Cocteau´ filmi parajasti tegi, oli ta 69 aastane. Messianistlikut „*Matrixit*“ peetakse 1990-ndate üheks oluliseimaks sci-fi filmiks. Näiteks väga paljudes internetisaitidel näidatakse või tuuakse võrdlusi Neo ja Jeesus Kristuse

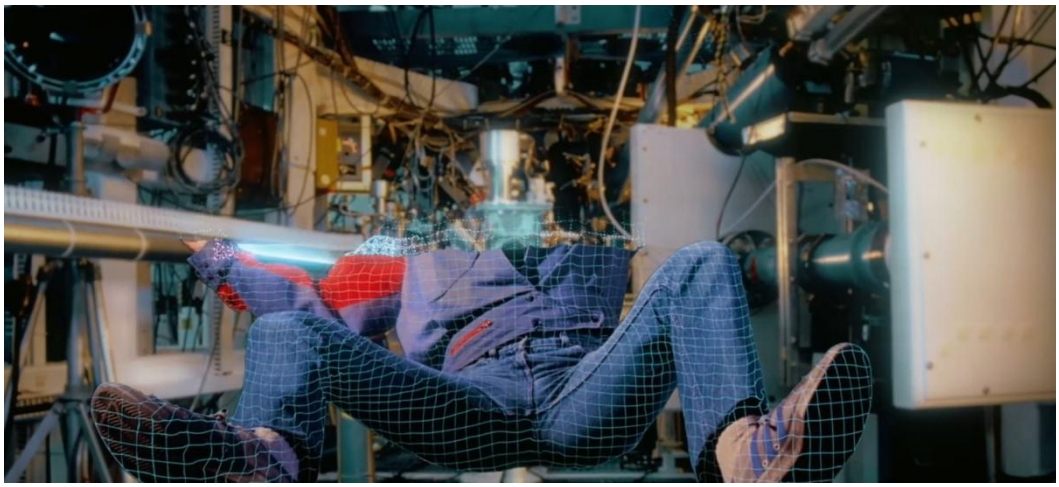
käekäigu üle. „*Matrixis*“ kasutati ka mütoloogilisi või ka piibellikuid nimesid nagu näiteks Morpheus, Zion, Nebuchadnezzar jne.

Nii „*Matrixis*“ kui ka „*Orpheuse testamendis*“ toimub „teisest maailmast tagasipöördumine“. Seda võib nimetada ka „phoenixoloogiliseks ülestõusmiseks“. Neo korral saab see alguse siis, kui ta tapetakse. Kuid ka uksenumber 303 ei ole juhusliku tähendusega. See sümboliseerib kolme päeva. Pärast „teisest maailmast tagasipöördumist“ on Neo kõikvõimas ja suudab täielikult valitseda Matrixi üle. Samuti ka Jeesus Kristus oli pärast ülestõusmist võimsam kui ta seda enne surma oli. Väga sageli omab teine maailm ka teisi reegleid ja ka teistsugust eetikat. Seda näitavad filmid nagu „*Tron*“ (1982) ja „*eXistenZ*“ (1999). Inimese seljas oleva „biopordiga“ ühendatakse „*eXistenZ´is*“ bioloogiline mängukonsool. Filmis ei ole ära visualiseeritud tegelase teise maailma minemine. Teine maailm on reaalse maailmaga täpselt samasugune. Mingisuguseid efekte ei esine. Tegelaste elutegevus on vähenenud. „*Tegelasi langeb loogu*“. Vahel on selliseid stseene, kus tegelased mõistatavad selle üle, et kas tegemist on tegelikkusega või ebareaalsusega. Ka filmi vaataja ei mõista seda, kuid alles filmi lõpus selgub kõik. Näiteks kui tegelasel puudub seljas port, siis tähendab see eXistenZ´is eksisteerimist. Järelikult eksisteerivad kõik inimesed eXistenZ´is, kuna meil kõigil puuduvad selja peal pordid. Filmis „*Tron*“ toimub tegevus arvuti loodud maailmas. Ollakse pidevalt „arvuti sees“. Filmi poster:

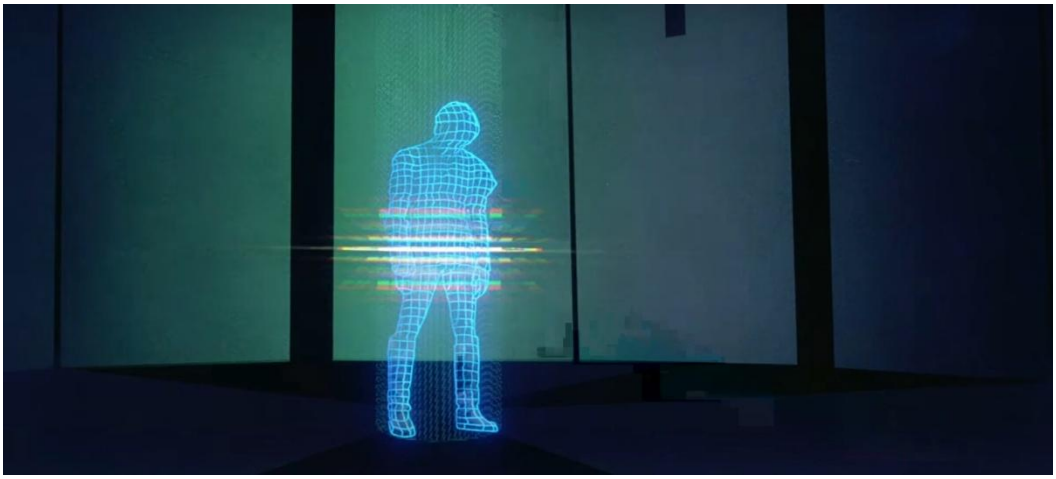
Oma aja kohta on film „*Tron*“ visuaalselt absoluutne meistriteos, kuna 1980-ndate aastate filmitehnika ei ole üldse võrreldav praeguse ajaga. „Arvuti maailmas“ eksisteerib ühiskond, mida juhib ja kontrollib Master Programm. Tron programmiga, mis on loodud ainult ühe tegelase poolt, on võimalik siseneda arvutikeskkonda, et muuta see „vabamaks“. Selline tegevus Autoritaarse Peaprogrammile loomulikult ei meeldi. Reaalse maailma inimesi nimetatakse kasutajateks. Nende üle võimu saamiseks ja nende hävitamiseks toob need „füüsilised persoonid“ (kasutajad) arvutikeskkonda. Selleks aga kasutatakse „desintegreerivat laserit“, mille korral inimene „kustutatakse“ reaalsest maailmast. Joonis:

Seda me näeme filmis läbi visuaalsete eriefektide fooni, mille korral inimene „laguneb“ väga paljudeks kolmemõõtmelisteks elementideks (nagu puzzle tükid), mis lendavad läbi torude. Joonised:





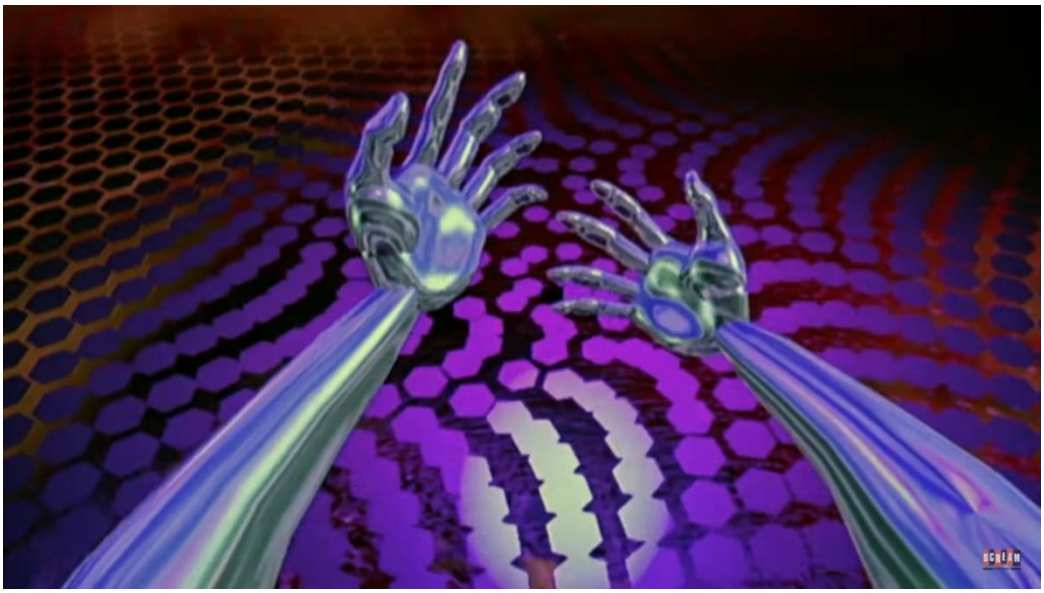
Kuid hiljem toimub tegelase reintegreerumine, mille korral toimub tegelase kokkupanemine nüüd juba arvutimaailmas. Joonised:



Arvutis olles tuletab tegelane meelde oma päriselu. „*Teisel pool ekraani oli kõik kuidagi palju lihtsam*“. Arvuti sees olles teatakse enda eksisteerimisest arvutiprogrammis. Ekraan on nagu kahe maailma vaheline piir.

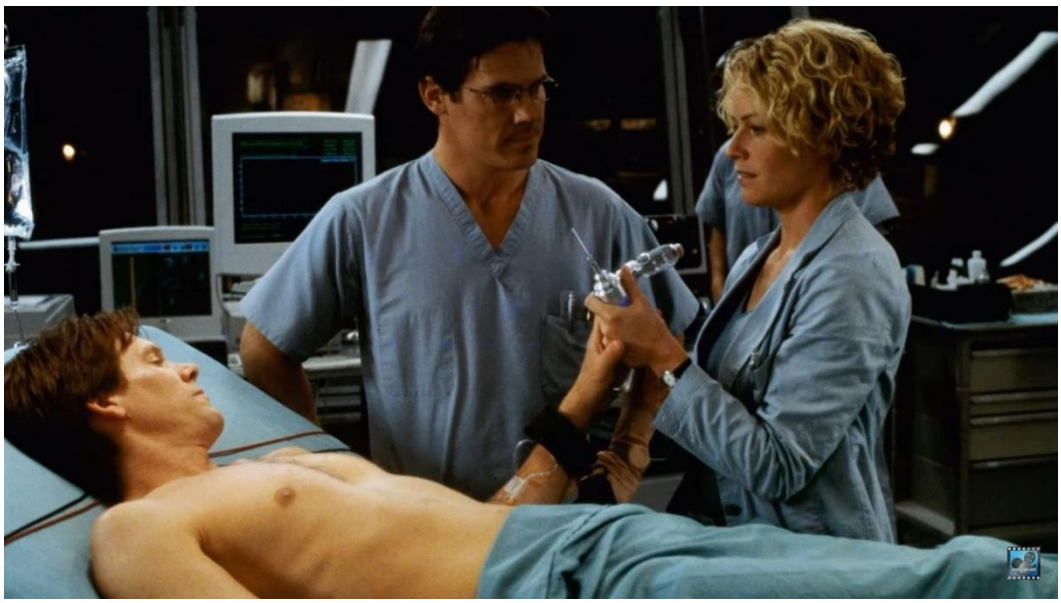
„*Muruniitja*“ film (1992) oli 1990-ndates üks kuulsamaid, mille sisuks oli just küberseks. Seal püüab üks teadlane tõsta „külahullu intelligentsi“, kasutades selleks virtuaalreaalsust. Teadlasel see ka õnnestub. Uuritakse militaarsõduri loomise võimalust, kuid see on ainult taustaks. Filmis on näha ühte seadeldist, mis meenutab väga astronautide gravitatsioonitreeningu instrumenti. Joonis:

Kuid seda kasutatakse selleks, et siseneda virtuaalreaalsusesse. Selline virtuaalne maailm, mis visuaalselt näeb välja nagu „*läikiv siirupjas keskkond*“, on loodud arvutitega. Joonised:

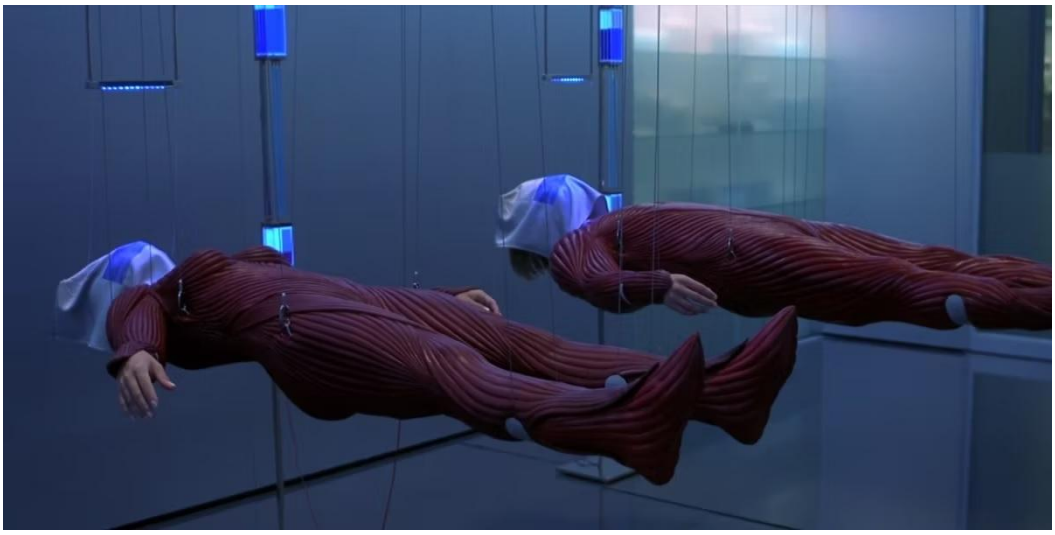


Filmis on näha tolle aja tehniliste piiride taset. Filmi lõpus kaob peategelane füüsiliselt. Ta kaob „arvuti reaalsusesse“.

Filmis „*Mees ilma varjuta*“ toimuvad muutused rohkem inimesega, kui maailmaga. Tegelasele seerumit andes on tema küljes mingid andurid. Tegelane muutub pärast seerumit võttes nähtamatuks – ta kaob. Joonised:



„*Püünises*“ on tegemist aga inimese enda aju loodud virtuaalreaalsusega, mille korral ühendatakse terapeuti juhtmetega. Ta riputatakse traatidega õhku. Joonis:



Seejärel põimuvad inimese ja patsiendi teadvused ühte. Üks teadvus siiratakse teise teadvusesse. Niimoodi viiakse inimesi unenäolaadsesse maailma. Selliste võimaluste realiseerimiseks kasutatakse fantastilisi „teaduslikke võtteid“. Reaalsus, mis on näidatav ja kasutatav (kuid mitte räägitav), meenutab visualiseeritud psühhoanalüütilist seanssi. Jaron Lanier oli üks virtuaalreaalsuse pioneere. Ta julges arvata seda, et virtuaalreaalsus võib osutuda inimkonna uueks kommunikatsiooni vahendiks pärast praegust keele kasutust. Virtuaalreaalsust iseloomustab selline kommunikatsioon, mis on oma olemuselt „post- sümbolistlikku“ sugemega. See tähendab seda, et sellises virtuaalreaalsuses ei tohi realiteedist kõnelda, vaid seda peab ainult looma – näiteks selles ei kirjeldata erinevaid asju, vaid neid luuakse. Küberruumi ja üldse kunstlikku keskkonda on nimetatud ajaloos „psühhootiliseks ruumiks“. Sellises „ruumis“ ei ole enam piiri reaalsuse ja soovunelmate vahel. „*Püünises*“ sulandatakse ühte omavahel terapeudi ja patsiendi teadvused. Kuid kui patsiendiks osutub sarimõrvar, siis selline protseduur tekitab põnevust. Seepärast liitub nendega kriminalist. „Teises maailmas“ toimuv mõjutab suuresti reaalse inimese meelelist seisundit. Näiteks mittetegelikuses toimuvad jubedad sündmused sunnivad inimest hirmunult üles ärkama. „Nupule“ vajutades pöördub tegelane tegelik- kusesse tagasi. „Nupp“ ise asub tegelase käeseljal, mis kujutab endast elektroonilist punkti. Kuid filmis tuleb ette ka selliseid situatsioone, mille korral on tegelase käed kinni ega saa või ei ulatu „nupuni“. Sellisel juhul peab tegelane kannatama suuri raskusi, mida sarimõrvar talle valmistab. Antud situatsiooni kujundamiseks ja visuaalseks esitluseks on

filmitegijad palju vaeva nänud. „*Püünises*“ on selline psühhiaatriline virtuaalreaalsus „teiseks realiteediks“, mida ainult kasutatakse. Seda ei kirjeldata. Sellises virtuaalreaalsuses leitakse vastuseid patsiendi probleemidele. Tegemist on nagu tuleviku visiooniga tänapäeval teada psühhiaatrilisest ravist.

Näiteid filmidest võib veelgi tuua, kuid siis läheb „loetelu“ liiga pikaks. Kuid võtame näiteks Tarkovski „*Stalkeris*“. Seal on olemas *Tsoon*, kus asjad eksisteerivad teisiti kui tegelikkuses. Seal on olemas mingi tuba, kus täituvad kõik inimese unelmad. Esinev tavaline keskkond on tegelikult ainult näiline. Teise maailma viib üle sõit raudteel. Kuid soov muuta keskkonda või hetkeline ruumis liikumine on inimeste unistuseks juba tuhandeid aastaid. Tehnoloogia ilmumisega on inimesed küll ruumis kiiremini liikuma hakanud, kuid tehnoloogia on suutnud ka kujutluse eemale kanda või kujutise lähemale tuua.

3.8 Ülitsivilisatsiooni mõned olulisemad aspektid

Kõik tööandjad on öelnud, et töö tegemine on eelkõige vabatahtlik. Kuid see on tegelikult illusioon. Kapitalistlikus turumajanduslikus inimühiskonnas on võimalik valida väga erinevaid töö ameteid, kuid töö mittetegemise valikut inimestel enamasti siiski ei ole. Töö tegemise sundlus tuleneb ühiskonnas välja kujunenud süsteemist, kuna inimene saab ennast materiaalselt ära elatada ainult töö tegemise kaudu. Selline sundlus ei tulene ühest konkreetsest isikust või isikute rühmast (näiteks poliitikutelt), vaid tegelikult ühiskonnas kehtestatud üldisest korrast. Kuid sellisest sundlusest on võimalik lahti saada siis, kui inimene saab näiteks miljonäriks. Majanduslik rikkus vabastab inimese töö tegemise sundlusest. Seda nimetatakse tänapäeval finantsvabaduseks, mida püüavad paljud inimesed saavutada.

Kuna kehavälises olekus eksisteerib inimene elektromagnetlainete väljana ja seda hyperruumis, siis seega ei ole inimene enam sõltuv materiaalsest maailmast. See tähendab seda, et inimene ei ole enam sunnitud tegelema enda elatamisega. Sellisel juhul võib tekkida küsimus, et millega tegelevad kehast väljunud inimesed, kui puudub otseselt töö tegemise vajadus? Sellisele küsimusele on tegelikult raske vastata, kuna puuduvad konkreetsed teadmised ja arusaamad kehaväliste intellektide „igapäevastest eluviisidest“. Kuid siiski võib oletada, et tõenäoliselt sarnaneks nende eluviis rikaste eluviisiga, kuna ka majanduslikult rikkad inimesed ei ole otseselt sunnitud enda elatamiseks tegelema tööga. Miljonäridel ja miljardäridel on raha niivõrd palju, et töö tegemise asemel võivad nad tegeleda ainult oma isikliku eluga või enda meelepärase tööga, mis ei ole elatamiseks otseselt vajalik. See tähendab seda, et kehavälises olekus eksisteeriva inimese eluviis võib sarnaneda majanduslikult finantsvabaduses oleva inimese eluviisiga.

Kui inimene on enda elatamiseks sunnitud tegelema igapäevase palgatööga, siis isiklik elu jääb paratamatult tahaplaanile. Võib öelda nii, et palgatööga tegelevad inimesed müüvad oma elu teatud mõttes maha. Kuid kapitalistliku turumajandusliku ühiskonna toimimiseks ja jätkusuutlikuks arenguks on vaja, et inimesed teeksid palgatööd, kuna ainult see tagab kaupade ja teenuste kättesaadavuse. Töö tegemine on majanduse alus, kuid majandus on omakorda inimeste ühiskondliku elu aluseks. Kui aga inimesed eksisteeriksid kehaväliste olekutena, mille korral ei ole enda elatamiseks vaja teha palgatööd, siis sellisel juhul tuleb esile inimeste isiklik elu. Kehavälises maailmas puudub kapitalistlikule turumajanduslikule ühiskonnale omased aspektid ja narratiivid.

Kui leiutatakse inimese kehast väljumise tehnoloogia või avastatakse elu pärast surma, siis on suur oht, et maailmas võib plahvatuslikult suureneda inimeste enesetappude arv. See on kehast väljumise teaduse ja tehnoloogia valdkonna üks suurimaid sotsiaalseid probleeme, mis võib tulevikus avalduda. Teadmine, et elu jätkub kindlalt pärast surma, võib põhjustada kogu inimühiskonnas suuri negatiivseid protsesse. Näiteks võivad inimesed sooritada massiliselt enesetappe, kuna läbi selle loodavad nad pääseda sotsiaal-majanduslikest probleemidest. Sellist

tekkivat sotsiaalset probleemi on üsna keeruline lahendada. Kuid siiski võib üks lahendusi seisneda selles, et enesetappu tuleb hakata teadvustama kuriteona, mis ei jää kehavälises maailmas karistamata.

Planeedil Maa on suur ülerahvastatuse probleem. Inimesi on ühe planeedi kohta liiga palju. Planeeti katab 71% vesi, ülejäänud on maismaa. Miljardid inimesed elavad maismaal, mis katab ainult 29% planeedist. Mida rohkem inimesi sünnib, seda rohkem kulub Maa ressursse inimeste elatumiseks ja toitmiseks. Tehnoloogia, mis võimaldaks inimeste kehast väljumist, lahendaks suures osas ülerahvastatuse probleemi. Näiteks kui miljonid inimesed üle kogu maailma otsustaksid elada kehavälises olekus, mitte enam bioloogilise kehana, siis oleks selle mõju Maa ressurssidele üsna suur. Sellisel juhul väheneks inimeste tarbimine, mille läbi väheneks ka Maa ressursside kasutamine. Maa inimese eksisteerimiseks on vaja eluaset, toitu ja vett, mis tuleb üldjuhul Maa ressursside arvelt. Kuid kehavälises olekus puudub inimesel vajadus eluaseme, toidu ja vee järele, mistõttu ei kasutata ka enam Maa ressursse.

Kuna inimene eksisteerib kehavälises olekus elektromagnetlainete väljana ja seda hyperruumis, siis seega puuduvad nimetatud olekus bioloogilisele kehale omased neuroloogilised struktuurid ja närvitalitlus. Tänapäeva neuroteadus näitab meile üsna veenvalt, et unevajadus on seotud eelkõige sellega, et inimese ajus on ärkveloleku aja jooksul tekkimas midagi üle või midagi puudu. Mõnede neurofüsioloogiliste teooriate arvates on selleks elektriimpulsid või sünapsid, mis inimese ärkveloleku ajal pidevalt juurde tekivad. Selle järgi saavutab aju une korral taas normaalse aktivatsiooni taseme. Kuna kehavälises olekus puuduvad neuroloogilised struktuurid, siis seega võib sellest oletada, et kehavälises olekus puudub inimesel vajadus une järele. Unevajadus tuleneb seega peamiselt neuroloogilise struktuuri ja närvitalitluse olemasolust ehk uni on neuronstruktuuride olemasolu paratamatu kaasnähtus.

Ülitsivilisatsiooniteooria on valdkond, mis uurib ja kirjeldab inimese kehast väljumise mõju sotsiaalsele ühiskonnale ja tsivilisatsioonile tervikuna, kuna kehavälised intellektid võivad samuti moodustada ühiskonna või isegi luua tsivilisatsiooni sarnaselt nii nagu seda teevad bioloogilise kehaga inimesed Maal. Kuid siinkohal on siiski teatud vastuolu. Kui kehavälised intellektid ei sõltu enam materiaalsest maailmast, mistõttu ei ole nad enam sunnitud tegelema enda elatamisega, siis seega ei peaks kehavälised intellektid enam sõltuma ka üksteisest. Sõltumine üksteisest ongi ühiskonna tekkimise aluseks. Sellisel juhul puudub vajadus ühiskonna moodustamiseks ja seega tsivilisatsioonide tekkimiseks. Kuna kehavälises maailmas ei eksisteeri kapitalistlikku turumajanduslikku süsteemi, siis seega võib puududa kehavälistel intellektidel ka sotsiaalsele ühiskonnale omased aspektid ja tunnused. See tähendab, et kehavälised intellektid eksisteerivad väljaspool ühiskondlikku nähtust, mis bioloogilise kehaga inimeste korral ei ole võimalik. Kui inimene on sotsiaalne olend, siis kehaväline intellekt ei pruugi seda enam olla. Sotsiaalsus või ühiskondlikkus võib piirduda ainult üksteisega kontakteerimisega, kuid ühiskonna moodustamiseks või isegi tsivilisatsiooni tekkimiseks on vaja midagi enamat.

Kehavälises olekus asendub inimese paikne eluviis rändava eluviisiga, kuna surmalähedastes kogemustes nähakse mingisuguseid tunneleid. Inimese kehast väljumise füüsikateooria tõlgendab neid aegruumi tunnelitena, mida kirjeldavad ajas rändamise füüsika võrrandid. Need tunnelid võimaldavad läbida väga kaugeid vahemaid aegruumis. Teoreetiline füüsika näitab meile üsna veenvalt, et aegruumi tunnelid võimaldavad galaktikate vahelisi rändusid. Seetõttu võibki oletada, et kehavälises olekus on inimesed suutelised rändama väga suuri vahemaid Universumis.

3.9 Elu sigimisvõime

Ülitsivilisatsiooni arengu tasemel oleval elukorraldusel on olemas ka üks kindel puudus, mis samuti eristab seda Maa tsivilisatsioonist. See puudus seisneb selles, et kehavälise olekuna

eksisteeriv eluvorm ei ole võimeline sigima ehk edasi andma järglasi, kuna neil puuduvad selleks vastavad füüsikalised, keemilised ja bioloogilised süsteemid nagu näiteks hormoonid, suguelundid, loode, sugurakud, munarakud, närvisüsteem jne. Seetõttu võib öelda, et neil puudub ka sugu. Paljunemine on aga teatavasti üks elu põhitunnuseid, kuid „vaimkeha“ ei ole võimeline paljunema ega jagunema.

Inimestel esineb enamasti kaks sugu: mees- ja naissugu. Bioloogia järgi määravad sootunnused inimese sugu. Sootunnusteks on inimese genitaalid. Kuid psühholoogid on veendumusel, et inimese soo määrab ära hoopis inimese intellekt: inimese tundmus oma soorolli kohta. Näiteks mõned naised võivad tunda, et nad on hoopiski mehed ja vastupidi. Seetõttu ei ole soo määramine ainult genitaalide järgi täielikult õige ja sellest tulenevalt võivad inimestel esineda ka erinevaid seksuaalseid orientatsioone nagu näiteks homoseksuaalsust, transseksuaalsust, panseksuaalsust jne. Kuid kehavälises olekus ei esine inimesel bioloogilist keha ja sellest tulenevalt ei esine ka genitaale ega mingeid muid sooga seotud väliseid tunnuseid. Selle järgi võiks väita, et kehavälises olekus puudub inimesel sugu. Selline arusaam ühtiks folklooris tuntud tõsiasjaga, et „vaimul“ puudub sugu. Seega tuleneb sugu bioloogiast, mitte „hingest“. Kuid kas kehavälises olekus tunneb inimene ennast naisena või mehena, ei olegi tegelikult täpselt teada. Surmalähedaste kogemustega juhtumites ei esine kirjeldusi selle kohta, et kas inimene tunnetab oma sugu või mitte. Selle kohta andmed puuduvad. Kui aga tulevikus tehtavatest uuringutest selgub, et tuntakse ennast ikkagi mehena või naisena, siis võib see tuleneda sellest, et kehalises olekus oldi naine või mees, mille „tundmus“ kandub üle kehavälisesse olekusse. Kuid on siiski väga ebatõenäoline, et kehavälises olekus esineks inimesel sugu, mistõttu ei peaks inimene seda ka tundma.

Paljunemine on üks olulisemaid eluavaldusi. Näiteks Maal elavad isendid paljunevad sugulisel või mittesugulisel teel. Kui liik ei suuda enam edasi anda järglasi, siis see liik sureb välja. Erinevate liikide vahel enamasti ei esine ristumisi. Vastasel korral oleksid nende järglased steriilsed. Kuid selliseid steriilseid hübriide ei loeta bioloogias omaette liigiks. Näiteks kui ristuvad hobune ja eesel, siis nende järglased (muulad) ei anna enam edasi järglasi. Sellepärast ei peetagi muula omaette liigiks. Kuid eukarüootsed organismid paljunevad sugulisel või mittesugulisel teel. Kui on tegemist sugulise paljunemisega, siis uus organism areneb välja viljastunud munarakust. Sugurakud, mis ühinevad viljastumisel, võivad pärineda ühelt või kahelt vanemalt. Kui on tegemist ainult ühe vanemaga, siis nimetatakse seda bioloogias iseviljastumiseks, kui aga kahe vanemaga, siis ristviljastumiseks. Ristviljastumise korral ühinevad kahe vanema geneetiline informatsioon, mis on aluseks järglase geneetilisele informatsioonile. Kuid organism võib pärineda ka ainult ühest vanemast ja seda mittesugulisel paljunemisel. Mittesuguline paljunemine võib toimuda näiteks eoseliselt või vegetatiivselt.

Kuna kehavälises olekus ei ole intellekt enam võimeline sigima, siis vastavalt sellele muutub ka elumõte. Näiteks bioloogilise elu üks põhiliseimaid eesmärke on anda edasi järglasi. Sarnaselt kogu loomariigiga on ka inimese elu pühendatud järglaste loomisele ja selle üles kasvatamisele. See aga eeldab enamasti inimese isikliku elu puudumist või tahaplaanile jätmist. Kehavälises elus ei ole sigimine enam elu põhiliseim eesmärk. Suurem osakaal on nüüd inimese isiklikul elul. See tähendab seda, et elatakse nüüd vaid iseendale ja mitte enam teistele, mis oli turumajandusliku elukorralduse üks eeldusi. Võib väita, et see on ka üks põhjusi, et miks surmalähedased kogemused on inimestele niivõrd isiklikku laadi, mille korral jäävad väga sageli isegi peresidemed tahaplaanile. Esile tuleb inimese isiklik „mina“ ja tõeline isiklik olemus, mida ei defineeri enam ülejäänud ühiskond.

Kuid selleks, et kehaväline intellekt oleks siiski võimeline sigima ehk seega paljunema, peab kehaväline intellekt omama bioloogilist keha. Näiteks kehast väljunud inimese korral peab ta oma bioloogilisse kehasse tagasi minema, sest ainult nii oleks inimesel võimalik sigida ja saada uusi järglasi. Inimeste surmalähedaste kogemuste juhtumite korral on täheldatud, et inimene tuleb tagasi oma füüsilisse kehasse, mis meditsiiniliselt tähendab kliinilisest surmast tagasi ellu ärkamist. See aga tähendab omakorda kehavälise oleku suurt sõltuvust bioloogilisest kehast, kui eesmärgiks on saada uusi järglasi. Selline asjaolu viitab ka sellele, et ülitsivilisatsioon, mille moodustavad kehavälised intellektid, peab siis samuti olema sõltuvuses nö. tavalise tsivilisatsiooniga, mille moodustavad bioloogilised intellektid, näiteks Maal elavad inimesed. Sellisel juhul võib öelda, et

tavatsivilisatsioon kindlustaks ülitsivilisatsiooni jätkusuutlikuse arengu. Selles mõttes jaguneb ülitsivilisatsioon kaheks suureks osaks: tsivilisatsiooniks, mille moodustavad bioloogilised intellektid, ja tsivilisatsiooniks, mille moodustavad kehavälised intellektid. Teine tsivilisatsiooni liik oleks suures sõltuvuses esimesega ja võiks öelda, et need on omavahel isegi „suguluses“. Seega ülitsivilisatsioonid on tegelikult kaksiktsivilisatsioonid – s.t. kaks erinevat tsivilisatsiooni moodustavad kokku ühe suurema. See tulenebki otseselt sellest, et kehavälise intellekti paljunemist võimaldab ainult bioloogilise keha olemasolu. Kehavälisel intellektil puudub rakulise keha ehitus, mis esineb kõikidel elusorganismidel planeedil Maa.

3.10 Vihjed ülitsivilisatsiooni kohta ufoloogias

Ufoloogia ei ole teadus, kuid sellegipoolest võib väita, et see on valdkond, mis uurib tundmatuid lendavaid objekte taevas ja kosmoses. Ufoloogia termin tuleneb inglise keelsetest sõnadest „*Unidentified Flying Objects*“, mis tähendab otsetõlkes „*Tundmatud Lendavad Objektid*“. Sellest tulenebki „*UFO*“ termini kasutus laiemas kõnepruugis. Kui tavaliselt tulenevad teaduse terminid vana kreeka või ladina keelsetest sõnadest, siis ufoloogia puhul tuleneb termin „*ufo*“ inglise keelsetest sõnadest, mis on teadusmaailmas üsna ebatraditsiooniline. Kuid akadeemilises maailmas ei peetagi ufoloogiat teaduseks või vähemalt tõsiseltvõetavaks uurimusvaldkonnaks. Ufoloogia ajalugu tunneb väga palju nähtusi, mille päritolu ei osata seletada. Paljusid nähtusi on suudetud ka fotografeerida ja isegi filmida. Kuid ufoloogia kirjeldab ka selliseid juhtumeid, mille korral on täheldatud inimeste röövimisi väidetavalt maaväliste olendite poolt. Selliste juhtumite esinemine tundmatute lendavate objektide juhtumite taustal ei tundugi tegelikult niivõrd ebareaalsena. Kuid üks asi on kindel: kui me soovime maaväliste tsivilisatsioonide kohta rohkem teada, siis peab uurima just abduktsiooni ehk inimröövimiste juhtumeid maaväliste olendite poolt, mitte keemilisi koostisi eksoplaneetidelt nagu seda teevad tunnustatud teadlased. Tundmatute lendavate objektide uurimine ei anna sageli mingeid uusi teadmisi tulnukate maailma kohta, vaid selleks peab uurima just abduktsiooni juhtumeid.

Maavälistest tsivilisatsioonidest, nende maailmast ja elukorraldusest on võimalik teada saada ainult siis, kui uurida põhjalikult selliste juhtumite ajalugu, milles esinevad tulnukate inimröövide katsed. Nendest juhtumitest on võimalik teada saada, mida tulnukad on enda kohta kontaktleritele rääkinud. Tulnukate poolt toime pandud inimröövimisi nimetatakse ufoloogias „abduktsioonideks“. Röövide ajal toimuvad inimeste peal enamasti meditsiinilised protseduurid, kuid koos sellega on tulnukad inimestele ka avalikustanud enda maailma olemust ja päritolu. Näiteks on nad mõista andnud seda, et mitte kõikide planeetide elusloodu arengud ei sarnane Maal oleva elusloodu omaga. Paljude eluvormide funktsioneerimised maavälistes keskkondades on palju iseäralikumad ja isegi liigirikkamad kui seda on näiteks Maa elusloodu oma. Näiteks mõnede Päikesesüsteemiväliste planeetide eluolu ja areng on üsna keerulise stsenaariumiga, kuid samas on teiste areng Maa elusloodusest aga hoopis lihtsam.

Tulnukad, kes väidetavalt panevad toime inimröövimisi ehk abduktsioone, on kontaktleritele ise otseselt mõsta andnud, et mõistuslike olendite liigitused kogu Universumis jagunevad suures plaanis kaheks: nende poolt olevate mõistete järgi „morphseteks“ ja „amorphseteks“ eluvormideks. „Morphsed“ eluvormid pidavat jagunema veel omakorda kaheks suureks haruks – bioloogilisteks ja elektroonilisteks eluvormideks:

1. Bioloogilised eluvormid on nagu Maal eksisteeriv elusloodus, mis koosneb elusrakkudest ja nendest moodustunud biosüsteemidest (näiteks taimede korral biomolekulidest ja rakkudest, loomade korral rakkudest moodustunud kudedest, organitest, elundkondadest jne).

2. Elektroonilised, mehaanilised ja mehhatroonilised „eluvormid“ on meie mõistes nagu näiteks robotid ja küborgid. Need kujutavad endast iseseisvalt liikuvaid, suhtlevaid ja mõtlevaid masinaid, mis ei pea ilmtingimata koosnema rauast ega erinevatest metallisulamitest, kuid nendel esineb tehisintellektuaalsus. Tehisintellektid võivad eksisteerida ka ainult virtuaalsetes maailmades (näiteks arvutilaadsetes seadmetes), ilma nende füüsilist kuju nägemata, mis muidu esineks näiteks robotite korral.

   Robootika valdkonnas kasutatakse roboti, androidi ja küborgi mõistet. Androidiks peetakse inimesega sarnaseks loodud robotit või muud kunstlikku olendit, mille loomisel võidakse kasutada bioloogilist materjali. Enamasti näeme paljudes ulmefilmides mehhaanilise loogikaga robotit. Küborg sarnaneb robotiga, kuid sisult on see küberneetiline organism, mis valmistatakse bioloogilisest algmaterjalist, mida täiustatakse elektroonika ja mehhaanika võimaluste kombinatsiooniga. Võib öelda nii, et küborg on elusa materjali mehhatrooniliselt võimestatud versioon.

„Morphsete“ olendite all mõistetakse eelkõige ainena eksisteerivaid eluvorme. Sellised olendid on nagu Maa inimesed, kes eksisteerivad aineosakestena (elementaar- ja fundamentaalosakestena) ning nende osakeste süsteemidena nagu näiteks hapnikust, DNAst, rakkudest, kudedest, organitest, elundkondadest jne. Sellest võib järeldada, et morphsetel olenditel eksisteerib peale energiavälja ka aine, näiteks närvitegevuse korral eksisteerib neuron ja selle elektriväli ehk seega aine ja väli. Selle järgi võib liigitada ka inimesi morphsete eluvormide hulka, samuti ka kogu planeedi Maa elusloodu.

Ufoloogias kirjeldavatest inimröövi juhtumitest ilmneb, et suur osa maavälistest tsivilisatsioonidest moodustavad hoopis „amorphsed“ eluvormid. Maavälised olendid annavad kontaktleritele mõista, et amorphsed eluvormid on meie mõistes nagu vaimolendid, valgusolendid või lihtsalt „hinged“. Sellised olendid eksisteerivad ainult psüühika ja teadvuse energiavälja vormina. Võib eeldada, et selleks energiaväljaks on inimestele tuntud elektromagnetväli, mis esineb ka morphsetel olenditel närvikudedes. Morphsed olendid on sõltuvuses närvitegevusest, kuid amorphsed olendid mitte. Amorphsed olendid eksisteerivad tuntud mateeria vormidest ainult väljana, mis tähendab seda, et aine struktuuri (näiteks aatomeid, molekule, elementaarosakesi) neil ei esine. Tulnukad on ise öelnud kontaktleritele, et „*amorphsed olendid elavad sõltuvana edenevast närvitegevuse arengust*“. Ka inimesed võivad saada amorphuslikeks olenditeks, kuid seda alles pärast inimese surma, mille korral „eraldub“ inimese bioloogilise või kliinilise surma ajal närvikudedest elektromagnetväli ajatusse ja ruumitusse dimensiooni ehk hyperruumi. Sellisel juhul omandab inimene uue eksisteerimise vormi: eksisteerimise ainult energiaväljana ja seda väljaspool aegruumi.

Ufoloogid on täheldanud inimese eksisteerimist väljaspool bioloogilist keha. Näiteks on inimesed maavälise kosmoselaeva sisemuses olnud kehavälises olekus. Vaatame selle näiteks paar järgmist kuulsat UFO juhtumit:

1977. aastal hakati uurima Suurbritannias (s.t. Inglismaal) esimest tulnukate inimröövijuhtumit, kuid sündmus ise oli tegelikult toimunud 1974. aasta 27. oktoobril. Tegemist on viieliikmelise perekonnaga, milles on ema ja isa ning kolm last. See tähelepanuväärne ufojuhtum leidis aset John ja Sue Day perekonnaga, kui nad õhtul kell 10.20 autoga sõitsid Aveley´st sõprade poolt Essexis. Samal ajal tukkusid nende kaks poega ja üks tütar (4 – 8 aastased). John oli 28-aastane ja Sue oli 25-aastane, kes olid pärit Ida-Londonist. Pärast sugulaste pool veedetud õhtut Essexi krahvkonnas Aveleys sõitsid nad tagasiteel teele laskunud ebatavalisse rohekasse udusse. See toimus väga nende kodu lähedal. Udu sees tajusid nad mingit mütsatust. Mõni sekund hiljem jõudsid nad enda arvates udust välja. Kuid koju jõudes avastasid nad ehmunult, et kadunud oli nende elust umbes poolteist tundi, mil nad kodu poole teel olid. Pärast koju naasmist toimusid järgmiste kuude jooksul perekonnas ilmsed muutused. Antud perekonnaliikmetest said „üleöö“ järsku

taimetoitlased ja „loodushoiuentusiastid“. Hiljem selgus, et kõik näevad ka ühesuguseid unenägude luupainajaid. Neil unenägudel ilmusid neile väikesed jubedate silmadega karvased tundmatud olendid. Tuntud doktor Leonard Wilder hüpnotiseeris mõlemad täiskasvanud ja ilmsiks tuli perekonna kogetu erakordselt üksikasjalik ülevaade. Uurimusse olid kaasatud ka tuntud UFO-eksperdid Andy Collinsi ja Barry King. Mõlemad täiskasvanud tunnistasid, kuidas nad UFO-pardale jõudsid, mis varjus roheka udumassi. Nad kirjeldasid seda, kuidas nende auto valguskiire jõul UFO sisse tõmmati. Seal olles olid röövitud „väljaspool enda keha“ ja see võimaldas neil hõljuda UFO sees ringi. Nad samas nägid ka enda tõelisi (endisi) kehasid, „mis“ istuvad endiselt veel autos. UFOs uurisid neid väikesed karvased olendid. Väikeste karvaste olendite tegevust jälgisid üsna pikka kasvu olendid, kes sarnanesid enam just inimestega. Neil olid seljas hõbedat tooni ülikonnad. Pärast seda viidi pereisa UFO masinaruumi ja seal räägiti talle väga pikalt UFO kui lennumasina ehitusest ja funktsioneerimisest. Hiljem näitasid tulnukad neile hologramme, milles olid kujutatud nende koduplaneet, mis oli „laastatud“. Sellist saatust, mis sai osaks nende koduplaneedil, ei taheta, et see tabaks ka planeet Maad. Sellepärast nad soovivad inimesi aidata. Inimkond olevat meie maailmas aastatuhandeid tagasi alustatud geneetiline eksperiment ning tulnukad olevat sellest ajast alates inimesi lakkamatult jälginud. Tulnukad röövivad inimesi meie arengu kontrollimiseks. Tulnukad ei sekku otseselt inimeste maailma. Nad soovivad muuta meie maailma vargsi, jäädes ise peamiselt „kaadri taha“. Inimestes endas peab tulenema soov kõike õigesti korraldada. (*Mõistatuslike nähtuste entsüklopeedia,* lk. 82-84)

„ ...Tundub, et ta (Helen) nägi UFOt koos rühma muusikutega, tulles tagasi Lompocist (California) Los Angelesi suvel 1968. „...See (s.t. UFO) tuli auto kohale ja selle ette, võib-olla nii 100 kuni 200 jalga maapinnast, ja oli, ma ütleksin, umbes kuue kiirtee sõiduraja laiune. See oli valge ja hiilgas väga kenasti. Ma nagu mäletaks mingisuguseid aknaid, kuid ma pole kindel. See oli hääletu. Ese oli suur. Neli valget lehtrikujulist tuld ulatusid objekti küljest alla igaüheni meist. ...Ma mäletan, et mu keha lahkus auto istmelt ja ulatus umbes kolme või nelja jala võrra autost välja,“ lausus ta nagu muuseas. „Kõik me neli tegime sedasama – nii me läksimegi! Sellest hetkest peale ei mäleta ma midagi muud ja kuni viimase ajani ma arvasin, et midagi muud polnudki. Siis ma hakkasin aru saama, et midagi võis juhtuda, sest järgmisena mäletan, et tulin tagasi autosse. „Vaatasin ringi ja nägin Barbara ja Dave´i ümber valguskuma, ning me tulime aegamisi oma kehadesse tagasi.“ ...Ta oma soovil korraldasin Helenile väga kerge regressioonhüpnoosi. Selle protseduuri vältel meenutas ta „taldriku“ pardale minekut ja selle ajami vaatlemist. Ta kohtas valgesse riietatud meest, kes näitas talle seda hämmastavat mootorit, mida ta nüüd otsustas ehitada. ...Hakkasin juttu kontrollima. Kõigepealt oli mul pikavõitu telefonikõne George´iga, kes polnud Helenit mitu aastat näinud, kuid mäletab juhtunut kui „pöördepunkti (oma) elus“. Dave oli kolinud teise linna, kust ma ta leidsin. Üks mu psühhaatrist sõber kontakteerus temaga ja sai temalt tunnistusi. Nagu ka George, mäletab Dave kogu juhtumit elavalt ja kirjeldab seda sarnaselt. ...Sellel UFO-sündmusel on neli tunnistajat ja kõik tundub viitavat nende kogemuse tõelisusele.“ (*Teine reaalsus,* lk. 22 – 24)

„*Ma mäletan, et mu keha lahkus auto istmelt ja ulatus umbes kolme või nelja jala võrra autost välja,“ lausus ta nagu muuseas. „Kõik me neli tegime sedasama – nii me läksimegi! Sellest hetkest peale ei mäleta ma midagi muud ja kuni viimase ajani ma arvasin, et midagi muud polnudki. Siis ma hakkasin aru saama, et midagi võis juhtuda, sest järgmisena mäletan, et tulin tagasi autosse. „Vaatasin ringi ja nägin Barbara ja Dave´i ümber valguskuma, ning me tulime aegamisi oma kehadesse tagasi.*“ Inimese kehast väljumine ufo pardal leiab aset ka paljudes teistes ufojuhtumites. Näiteks peaaegu täpselt samasugune stsenaarium leidis aset 28 –aastase Johni ja 25-aastase Sue Day´ga Ida-Londinis 1974. aasta 27. oktoobril: „*Nad kirjeldasid seda, kuidas nende auto valguskiire jõul UFO sisse tõmmati. Seal olles olid röövitud „väljaspool enda keha“ ja see võimaldas neil hõljuda UFO sees ringi. Nad samas nägid ka enda tõelisi (endisi) kehasid, „mis“ istuvad endiselt veel autos.*“ Ka sellisel juhul esines ufo pardal röövitud inimeste kehavälised

kogemused. Nendest ufojuhtumitest on üsna selge, et maavälised tsivilisatsioonid on võimelised inimesi panema oma füüsilistest kehadest lahkuma. Siin on selgeid paralleele inimeste surmalähedaste kogemustega, mille korral on inimesed kliinilise surma ajal oma kehadest väidetavalt lahkunud. Nende kahe vahel on sarnasused nii ilmselged, et tekib küsimus, kas inimese elu jätkub peale surma maavälises tsivilisatsioonis (sest ufo pardal toimuvad röövitud inimeste kehast väljumised) või Jumalariigis (nii nagu seda väidab meile Piibel)? Antud ufo kontekstist lähtudes on pigem õiged mõlemad versioonid, sest mõiste „Jumalariik“ võibki varjatult tähendada tegelikult elu maavälise tsivilisatsiooni elukeskkonnas, mis väljendub kehavälise oleku eksisteerimisena. See tähendab seda, et kui tulnukad on võimelised oma kõrgelt arenenud tehnoloogiatega teostama röövitud inimese kehaväliseid seisundeid, siis on väga tugev kahtlus, et inimese elu jätkub pärast surma just nende – tulnukate – maailmas. See aga tähendab omakorda seda, et Jumal kui isik ei ole päris selline nagu seda kirjeldatakse meie armsas ja kallis Piiblis, vaid selle taga võib peituda hoopis maavälise ülitsivilisatsiooni tegevus.

Üldiselt arvatakse, et maaväline elu avaldub teistel planeetidel, mis asuvad väljaspool meie Päikesesüsteemi. Maavälise elu esindajaid kujutatakse tavaliselt maaväliste olenditena, kes vahel meie juures külas käivad. Kuid maaväline elu võib tähendada ka kehavälist olekut, mille korral ei eksisteerita bioloogilise kehana, vaid energiaväljana aegruumist väljapool. See tähendab, et kui inimene eksisteerib Maal bioloogilise kehana, siis võib tema elu mõista maapealse eluna. Kui aga eksisteeritakse kehavälise olekuna, siis võib sellist elu mõista maavälise eluna. Sellisel juhul ei ole see seotud klassikaliste tulnukatega teistelt planeetidelt, vaid hoopis inimeste surmalähedaste kogemustega. Põhjus peitub selles, et kehavälise olekuna ei ole inimene enam põhjuslikult seotud Maa keskkonnaga ega Maal eksisteeriva tsivilisatsiooniga. Seetõttu võib kehavälist inimest pidada ka kui maavälise elu esindajana ehkki võib ta samal ajal viibida ka Maa peal, näiteks haiglas reanimatsiooni palatis.

Surmalähedaste kogemuste ehk SLK-de korral ei ole tegemist ainult inimese teadvuse eraldumisega bioloogilisest kehast, sest peale surnud tuttavate ja sugulaste nähakse ka mingisugust tunnelit, mida vahel nimetatakse ka „sissekäiguks“. Võib kindlalt oletada, et need on tõenäoliselt aegruumi tunnelid ehk ussiurked, mida kirjeldaksid ka Albert Einsteini üldrelatiivsusteooria võrrandid. Selliste tunnelite olemasolu kirjeldab ka ajas rändamise füüsikateooria. Need aegruumi tunnelid vahendavad füüsiliste kehade teleportatsiooni ajas ja ruumis. Kui neid SLK-de korral tõepoolest nähakse, siis SLK fenomeni tõestamise korral oleks tõendust leidnud ka nende tunnelite olemasolu. Võib oletada, et need aegruumi tunnelid viivad Maalt kehast väljunud inimesi ehk surnuid inimesi kusagile kaugele eemale, sest aegruumi tunneleid kasutatakse ainult väga kaugeid vahemaid läbides. Näiteks ulmekirjanduses kasutatakse neid galaktikate vahelisteks rändudeks. Kõigest sellest võibki järeldada seda, et inimene võib pärast surma sattuda maavälisesse tsivilisatsiooni.

> Eespool esitatud järeldused ja väited kehtiksid ainult siis, kui suudetakse SLK fenomeni olemasolu tõestada. Kuid selline avastus viiks suure tõenäosusega inimkonna kultuuri šokki, sest taoline avastus lükkaks ümber peaaegu kogu tänapäevase teadusliku maailmapildi. Kui suudetakse teaduslikult tõestada SLK-de eksisteerimine, siis on võimalik teha väga tõsiseid ja kindlaid järeldusi ka maaväliste tsivilisatsioonide olemasolu kohta, mille korral võib väita, et maaväline mõistuslik elu eksisteerib sellise vormina, mida me mõistaksime kehast väljunud olekuna.

Inimesed elavad Maal meile tuntud mateeria vormidena: ainena ja väljana. See tähendab seda, et inimeste kehad koosnevad elementaarosakestest, aatomitest ja molekulidest ning omakorda nende osakeste süsteemidest nagu näiteks veest (H_2O), DNA-st, rakkudest, kudedest, organitest, elundkondadest jne. Bioloogid ja astronoomid kinnitavad, et Universumis on orgaaniline keemia väga laialt levinud ja seega võib kõikjal leida süsinikul rajanevaid eluvorme. Näiteks polütsüklilist aromaatset vesinikkarbonaati ehk PAH´i molekule võib esineda tähtedevahelises ruumis üsna palju. Kuid surmalähedased kogemused ja seega ka inimese kehast väljumise füüsikateooria näitab, et inimene on võimeline eksisteerima ka ainult energiaväljana ehk elektromagnetväljana, koosnemata

seejuures aineosakestest ja nende süsteemidest.

Inimese kehast väljumise füüsikateooria näitab meile üsna veenvalt, et Maal elavatel inimestel ei pea enda eksisteerimiseks olema tegelikult „füüsilist“ keha, sest ka ilma selleta on võimalik elada. Inimese teadvus on võimeline eksisteerima ka ilma närvikoeta sarnaselt nii nagu elektromagnetlaine elektriväli ilma elektrilaenguta. Näiteks tähtede termotuumareaktsioonides toimub aine muundumine energiaks (s.t. kiirguseks), mille korral võivad muutuvad elektriväljad eksisteerida sõltumatult neid tekitanud elektrilaengutest. Amorphusolendite all võime mõista „vaimolendeid“ või „hingesid“, kes eksisteerivad mateeria vormidest ainult väljana. Tulnukad on kontaktleritele defineerinud, et sellised olendid „*elavad crisostelis*“, mis pidi sõna-sõnalt tähendama „*sõltuvana edenevast närvitegevuse arengust*“. See viitabki sellise eluvormi eksisteerimisele, mida meie mõistame „vaimudena“.

Inimese kliinilise ja bioloogilise surma ajal „eralduvad“ ajust ja mujalt närvisüsteemist elektriväljad, mille tagajärjel võib esineda inimese kehaväline olek. Närvikoe rakud enam sellisel juhul ei laengle (nende aktiivsus on suuresti kahanenud või üldse lakanud) ja see tähendab suuri muutusi neuronite populatsioonide ümbritsevas ruumis olevatele elektriväljadele. Füüsikast on teada tõsiasi, et muutuvad elektriväljad on võimelised eksisteerima sõltumatult neid tekitanud elektrilaengutest. Kehavälise olekuna saabki inimene eksisteerida puhtalt elektromagnetväljana, mille korral ei oma inimene enam füüsilist keha ega aju. Inimese eksisteerimise võimalikkusest ilma füüsilise kehata ehk ainult elektromagnetväljana kirjeldab meile teadusharu nimega „inimese kehast väljumise füüsikateooria“.

Eluvormid, mille eksisteerimised ei sõltu enam närvitegevuse arengust ehk seega eksisteerivad ainult mateeria väljana, moodustavad sellise tsivilisatsiooni või mõistusliku elu arengu taseme, mis oleks ilmselt kõrgeimaks elu arengufaasiks kogu Universumis. Uurides sellise elu omadusi ja võimalusi, võib üsna kindlalt väita, et sellisest elu arengufaasist ei ole võimalik ettekujutada midagi veel arenenumat või täiuslikumat elutegevust Universumis. Võib kindlalt väita, et selline eluvorm moodustab mõistusliku elu evolutsiooni nö. tippfaasi või lõppfaasi, mida Darwini evolutsiooniteoorias ei mainita.

Varem arvati, et sellised kehaväliste intellektide ülitsivilisatsioonid tekivad Universumis ainult kunstlikult, mis tähendab seda, et looduslikult selline ülimuslik elutegevus tekkida ei saa. Tänapäeval ei ole selline arusaam enam päris õige, kuna kehavälise oleku tekkimise aluseks on eelkõige looduslikud protsessid inimajus, mis ei ole kunstlikud ega väljamõeldised. Isegi surm on enamasti looduslik nähtus, mitte kunstlikult tekitatud. Mõistuslik elu võimaldab luua sellist elu, mille korralduslikuks aluseks on turumajandus – sarnaselt nii nagu ainult mõistus võimaldab luua igasuguseid leiutisi ja seadmeid nagu näiteks autosid, arvuteid, kõrghooneid, telefone jne. Iseenesest ehk seega looduslikult ei ole need võimelised tekkima. Küll aga inimese kehaväline olek võib tekkida loomulikul teel pärast inimese surma. Inimene kuulub loomariiki ja loomade käitumiste aluseks on eelkõige närvitegevus. Närvitegevus on tekkinud ja arenenud koos loomade ja imetajate evolutsiooniga, mida kirjeldab meile näiteks Darwini evolutsiooniteooria. Kuna närvitegevus on aluseks ka kehavälise oleku tekkimisele, siis seepärast ongi alust arvata, et ülitsivilisatsiooni tasemel eksisteeriv elu võib tekkida Universumis looduslikult ehk seega iseeneslikult sarnaselt nii nagu erinevad loomaliigid Maa elusloodus evolutsioonis. Selles mõttes on kehavälises olekus eksisteeriv eluvorm täiesti uus loomaliik, mida ei ole teadusajaloos varem avastatud.

3.10.1 Mõisted „*morphus*“, „*amorphus*“ ja „*crisostelis*“

Tulnukad, kes väidetavalt panevad toime inimröövimisi ehk abduktsioone, on kontaktleritele ise otseselt mõsta andnud, et mõistuslike olendite liigitused kogu Universumis jagunevad suures plaanis kaheks: nende poolt olevate mõistete järgi „morphseteks“ ja „amorphseteks“ eluvormideks.

„Morphsete“ olendite all mõistetakse ilmselt ainena eksisteerivaid eluvorme. Sellised olendid on nagu Maa inimesed, kes eksisteerivad aineosakestena (elementaar- ja fundamentaalosakestena) ning nende osakeste süsteemidena nagu näiteks hapnikust, DNAst, rakkudest, kudedest, organitest, elundkondadest jne. Kuid suur osa maavälistest tsivilisatsioonidest moodustavad hoopis „amorphsed“ eluvormid. Maavälised olendid annavad kontaktleritele mõista, et amorphsed eluvormid on meie mõistes nagu vaimolendid, valgusolendid või lihtsalt „hinged“. Sellised olendid eksisteerivad ainult energiavälja vormina. Võib oletada, et selleks energiaväljaks on inimestele tuntud elektromagnetväli. Tulnukad on ise öelnud kontaktleritele, et „*amorphsed olendid elavad sõltuvana edenevast närvitegevuse arengust*“. Vaatame selle näiteks ühte järgmist kuulsat UFO juhtumit, milles ilmnevad mõistete „*morphsed*“, „*amorphsed*“ ja „*crisostelis*“ kasutamine ja nende võimalikud definitsioonid.

1965. aasta 7. augustil Venezuelas Caracase lähedal leidis aset UFO-juhtum, mis pärineb otseselt Ameerika Ühendriikide atmosfäärinähtuste uurimise komisjoni APRO annaalidest. Kontakt leidis aset Venezuela pealinnast Caracasest 50 – 60 kilomeetri kaugusel San Pedro de los Altos hobusefarmi läheduses. „Kuna kõnealuse juhtumi puhul oli tegu kolme mehega, kellest kaks olid vana, maineka ja suure firma juht ja omanik ning kolmas tuntud arst, günekoloog, ja kes arvasid, et nende lugu võib esile tulla ilma nende nimedeta.“ Need kolm meest sattusid kosmosest saabujatega telepaatilisel teel kontakti. Seda, mida tulnukad neile rääkisid, on esitatud lühidalt järgnevalt:

> „Tulime Orionilt. Oleme sellel planeedil rahu asjus. Uurime inimese psüühikat, et seda kasutada. Meie ümber on seitse asustatud planeeti: Maa, Saturn ja kaks sateliiti Epsilon ja Kristofix, Kelpis, Orion ja väikeplaneet Suures Vankris.“ „Need (lendavad taldrikud) on gravitalides ja nad liiguvad kogutud päikese energia abil, mis arendab tohutut magnetilist jõudu.“ „Ühtedega (s.t. lendavate taldrikutega) lendavad spacitamelesed ja teistega mechanistotelesed. (Võiks arusaada, et ruumiinimesed ja robotid).“ „On olemas morphus- ja amorphusolendid. Meie oleme morphuse liiki ja enam üksteise sarnased kui need, kes on Suurest Vankrist ja kes on umbes 90 sentimeetri pikkused.“ Tulnukad olevat ka meie keskel ja neid olevat lausa „2 417 805“. Üllatav ja tähelepanuväärne on see, et see liik, kellega need kolm meest kontakteerusid, ei ole teinud inimestega ristsugutust ega viinud inimesi Maalt endaga kaasa. Kuid sellegipoolest nad uurivad uute olendite loomise võimalust ja on ainult loomi endaga kaasa viinud. „Kristofix on loomaaed. (Hispaania keeles kõlas see teravmeelselt – Fitozooloplanetologeico). See on Linnutee rikkaim ja seal on teile täiesti tundmatuid loomaliike.“ „Te ei mõista niisugust elu (s.t. amorphusolendite elu). Need on olendid, kes elavad crisostelis, sõltuvana edenevast närvitegevuse arengust.“ „Mälestuses olid veel mõningad episoodid, teate iseloomuga, nagu: „Nad on pärit meist ja amorphusolendid on omakorda pärit nendest. Väljaspool Linnuteed on „vastupidist elu“. Nad tulevad jätma tõendusi oma olemasolust mitmele poole maakeral.“

Järgnevalt esitame selle erakordse UFO-juhtumi kohta lühikese arutleva analüüsi:

> “*Caracase lähedal hilisel pärastlõunal asetleidnud juhtumit ei ole asjaosaliste sotsiaalse positsiooni tõttu kunagi kohalikele lugejatele avaldatud. Informatsioon pärineb Ameerika Ühendriikide atmosfäärinähtuste uurimise komisjoni APRO annaalidest. Kuna kõnealuse juhtumi puhul oli tegu kolme mehega, kellest kaks olid vana, maineka ja suure firma juht ja omanik ning kolmas tuntud arst, günekoloog, ja kes arvasid, et nende lugu võib esile tulla ilma nende nimedeta, siis piirdume siinjuures vaid järgneva impersonaalse looga.*“ Selle juhtumi puhul on erakordne loo allikas. Igasuguse UFO-juhtumi teadusliku analüüsi või tõsiseltvõetavuse üle saab otsustada juhtumi allika usaldusväärsuse tasemest. See on tegelikult kogu ufoloogia üks olulisemaid ja isegi peamisi uurimismeetodeid – analüüsida ja väga täpselt dokumenteerida UFO-juhtumite allikaid, mille põhjal saab otsustada nende juhtumite usaldusväärsuse üle. On täiesti selge, et kui mingi UFO-juhtumit on avaldanud ja ka ise uurinud (õigusteaduse keeles öelduna seda “menetlenud”) ülikoolide ehk teadusasutuste professorid või sõjaväelased, siis see on kindlasti usaldusväärsem allikas, kui

näiteks naabrimehe Kalle jutustus kohalikule väljaandele. Nii on ka antud juhtumi puhul, sest seda juhtumit on uurinud ja analüüsinud juba oma ala eksperdid, mis on antud tekstis ka ilusti viidatud. Kõige suurema usaldusväärsusega allikad tulevad reeglina riikide valitsusasutustest ja endistest või praegustest sõjaväelastest, kellel on ilmselged kokkupuuted salajaste või kinnimätsitud juhtumitega.

„*Doktor võttis juhtpositsiooni ja hakkas esitama küsimusi, mille vastused, nagu ta väitis, saabusid telepaatiliselt ja kõigile kolmele, kelle vestlusest on need hiljem ka kirja saanud.*“ „*Üllatuseks kuulsid nad häält, mis ütles hispaania keeles: „Ärge kartke, rahunege!“. Olendite huuled ei liikunud. Hääl oli otse peas, ajus, mis hämmastas kõiki. Vastaspool tajus seda ja teatas: „Me räägime teile vahetult.*““ Kõikidest tulnukate lähikontaktide juhtumitest tuleb välja, et kõik maavälised tsivilisatsioonid on võimelised suhtlema ehk kommunikeeruma viisil, mida me mõistame telepaatiana. See tähendab, et telepaatia on ilmselt peamine suhtlusvorm, mida maavälised mõistusega intellektid viljelevad ja see tuleb välja väga paljudest ufojuhtumitest. Näiteks telepaatiast on juttu ka järgmises ufojuhtumis: „*Küsisin itaalia keeles, kust ta tuleb, ja enne kui jõudsin küsimuse lõpetada, kuulsin peas vastust“, „Mõtte ja teatud kiirguse kaudu pidid nad suutma sooritada mõningaid asju, mida me ei oska isegi kujutleda.*“ (Walter Rizzi juhtum ufoloogia ajaloos). Telepaatiline suhtlusvorm on tõepoolest äärmiselt tavaline maaväliste tsivilisatsioonide esindajatega kontakteerumisel.

„*Tulime Orionilt. Oleme sellel planeedil rahu asjus. Uurime inimese psüühikat, et seda kasutada. Meie ümber on seitse asustatud planeeti: Maa, Saturn ja kaks sateliiti Epsilon ja Kristofix, Kelpis, Orion ja väikeplaneet Suures Vankris*.“ „*Kristofix on loomaaed*. (Hispaania keeles kõlas see teravmeelselt – Fitozooloplanetologeico). *See on Linnutee rikkaim ja seal on teile täiesti tundmatuid loomaliike*.“ Sellised väited tõestavad, et maavälised tsivilisatsioonid ei ole pärit teistest dimensioonidest või paralleeluniversumitest, vaid ikka samast Universumist, milles eksisteerime ka meie – inimesed, kuid ainult teistelt planeetidelt. Selline ettekujutus vastab inimese tavaloogikale ja ulmefilmides visualiseeritud stsenaariumitega, mille korral „väikesed rohelised mehikesed külastavad meie Maad kaugetelt planeetidelt“. Nende koduplaneedid võivad olla pärit Linnutee galaktikast või teistest galaktikatest ehk väljaspool meie kodugalaktikat. Sellised juhtumid viitavad väga selgelt sellele, et väljaspool Maad on väga paljud planeedid asustatud mõistusliku eluga, mis eksisteerivad erinevate liikidena. See tähendab, et Maad külastavad erinevatest liikidest tulnukad.

Küsimusele, et „*Kas teiesarnaseid olendeid on meie keskel*?“ vastati, et „*Jah! 2 417 805*.“ Selline avaldus on päris jahmatav. Kui tulnukad tõepoolest vahel külastavad meie kallist Maad, siis on võimalik järeldada, et maavälised olendid eksisteerivad ka meie keskel, inimeste kehadena. Küsimus on ainult selles, et mida nad siin Maa peal teevad. Vaevalt, et nad lihtsalt elu elavad jättes maha sellise elukvaliteedi, mis on nende koduplaneetidel. Võib arvata, et need olendid meie keskel mitte ei „ela“ tavamõistes „elu“, vaid nad on pigem siin planeedil töö asjus. Nad töötavad siin mingite eesmärkide nimel, millest me võime ainult spekuleerida. Näiteks hoiavad nad inimühiskonna arengul silma peal, kannavad ette inimeste progressist ja eluteedest nende koduplaneetide valitsustele, suunavad või lausa takistavad inimeste loodud teaduse ning kultuuri progressi ja palju muud. Nad teevad seda kõike varjatult, olles ise tavaliste inimeste välimustega ja teatud riikide kodakondsustega. Ikka selleks, et mitte tähelepanu äratada.

„*Kuidas lendavad taldrikud liiguvad*?“ „*Pahandatud nimetusest „lendav taldrik“, vastas olend: „Need ei ole lendavad taldrikud. Need on gravitalides ja nad liiguvad kogutud päikeseenergia abil, mis arendab tohutut megnetilist jõudu*.“ Nad suudavad valitseda raskusjõudu. Selline avaldus on tegelikult kooskõlas füüsika reeglitega. Mõiste

„*gravitalides*“ sisu tähendust ei ole küll teada, kuid sellegipoolest võib arvata, et see on seotud kuidagi gravitatsiooniga eesliite „*gravita*...“ järgi. Albert Einsteini järgi on gravitatsioon aegruumi kõverdus, mida põhjustavad suured massid. Kuid aegruumi kõverdust põhjustavad ka väga kõrged energiad, kuna relatiivsusteoorias kehtib massi ja energia ekvivalentsuseprintsiip ehk $E = mc^2$. Energia on näiteks elektri- ja magnetväljal, mida tekitab elektrilaeng. Laengu poolt tekitatud energiaväli on võimeline aegruumi kõverust esile kutsuma ja sellest tulenevalt on võimalik järeldada, et tekitatud aegruumi kõverusega mõjutavad ufod Maa raskusvälja ehk Maa loodud aegruumi kõverust. Nende kahe omavahelisel interaktsioonil toimubki nö. „antigravitatsioon“, mis detailides kätkeb endas veel palju mõistatusi. Kuid see saab toimuda ainult siis kui välja energia on tohutult suur ehk väljatugevus on märkimisväärselt kõrge. Ühekorraga seda saavutada ei ole võimalik ja seetõttu „ *...nad liiguvad kogutud päikese energia abil, mis arendab tohutut magnetilist jõudu*“.

Küsimusele „*Kas kõigi seitsme planeedi elanikud on ühesugused või samanäolised*?“ vastas olend, et „*Ei. On olemas morphus- ja amorphusolendid. Meie oleme morphuse liiki ja enam üksteise sarnased kui need, kes on Suurest Vankrist ja kes on umbes 90 sentimeetri pikkused*.“ Küsimusele „*Mida te mõtlete amorphusolendi all*?“ vastas olend, et „*Te ei mõista niisugust elu. Need on olendid, kes elavad crisostelis, sõltuvana edenevast närvitegevuse arengust*“. Sellised avaldused on selle juhtumi puhul ühed kõige olulisemad. Me küll ei tea täpselt mida tähendab mõiste „*crisostelis*“, kuid sellegipoolest võib kindlalt järeldada, et morphusolend on bioloogiline eluvorm nagu inimene ja amorphusolend on „mittemateriaalne eluvorm“ ehk valgusena eksisteerivad eluvormid nagu näiteks kehast väljunud inimene. Lihtsustatult võib öelda, et kogu Universumis eksisteerivad mõistuslikud eluvormid liigituvad suures plaanis ainelisteks või „mitteainelisteks“. Amorphusolend on meie mõistes kui „vaimolend“, kes ei sõltu enam närvitegevuse arengust. Kui inimene väljub oma kehast, siis võib teda nimetada juba amorphusolendiks, kelle keha ehitus pole enam bioloogiline, vaid omatakse selle asemel „valguskeha“.

„*Väljaspool Linnuteed on „vastupidist elu*“.“ Morphus- ja amorphusolendite liigituse kontekstist lähtudes võib järeldada, et Linnutee galaktikas asustatud planeetidel eksisteerivad morphusolendid ehk bioloogilised eluvormid, kes on võimelised sigima ja andma edasi järglasi. Kuid väljaspool Linnuteed on selgelt ülekaalus amorphusolendite vorm, keda me mõistame „vaimolenditena“ ja kes ei ole võimelised sigima bioloogilise keha puudumise tõttu. „Vastupidine elu“ on väljendatud samuti morphus- ja amorphusolendite kontekstis, milles leidub tõepoolest omavahel vastandlikke mõisteid nagu näiteks morphus... ja amorphus..., keha ja vaim, aine ja väli, sigimisvõimelisus ja mittesigimisvõimelisus jne. Sigimine on Maal bioloogilise elu üks põhitunnuseid, mille vastandiks ongi mittesigivus.

„*Nad tulevad jätma tõendusi oma olemasolust mitmele poole maa keral*.“ Arvestades maaväliste olendite käitumismustrit paljudes tuntud ufojuhtumites, võib sellest avaldusest siiski järeldada, et siin ei ole mõeldud teaduslikke tõendeid nende olemasolust, vaid nad soovivad inimeste usku nende olemasolust ehk „nad tulevad jätma tõendusi oma olemasolust läbi inimeste usu“. See tähendab, tulnukad soovivad seda, et inimesed usuksid nende olemasolu ja et inimesed tajuksid, et nad ei oleks Universumis üksi.

„*Mälestuses olid veel mõningad episoodid, teate iseloomuga, nagu: „Nad on pärit meist ja amorphusolendid on omakorda pärit nendest*.““ Selline teave on antud juhtumi korral kõige olulisem, sest see langeb kokku ka paljude teiste ufojuhtumitest saadud informatsiooniga. Siit järelduvad väga paljud tõsised aspektid nagu näiteks religiooni ja tulnukate omavaheline seos, inimkonna päritolu ja tulnukate missioon inimkonnaga. „Nad on pärit meist“ tähendab seda, et osa tulnukate ehk maavälise mõistusliku bioloogilise liigi on loodud inimliigist ja seega arvatavasti geneetiliste mutatsioonide või kombinatsioonide tulemusena. See tähendab

seda, et uus mõistuslik bioloogiline liik on loodud inimliigi ja ühe teise tulnukate rassi geneetilise kombinatsiooni tulemusena. Uut liiki saab luua ainult geneetiliste manipulatsioonide tulemusena. „ ...ja amorphusolendid on omakorda pärit nendest“ järeldub, et amorphusolendite liik ehk meie mõistes „vaimolendid“ on loodud omakorda uuest tulnukate liigist. Siit on huvitav järeldada, et maavälised tsivilisatsioonid loovad uusi liike ja etnost geneetiliste manipulatsioonide tulemusena eluvormide liikide (s.t. genofondi) rikastamise eesmärkidel, kuid samas on nende lõppeesmärk „toota“ juurde amorphusolendid. Ärme unusta seda, et amorphusolend kui „vaimolend“ ei ole võimeline sigima, kuna neil puudub bioloogiline keha ja seega sigimiseks vajalikud bioloogilis-keemilised süsteemid ja protsessid. Ka inimesest saab amorphusolend, kui tema füüsiline (s.t. bioloogiline) keha sureb ja oma kehast lahkudes eksisteerib inimene valgusena väljaspool aja- ja ruumidimensioone. Kogu selline hierarhia on väga sarnane Piiblis tuntud Jumala kolmainsusega, mille korral esineb Jumal kolmes erinevas olekus korraga – Isa, Poja ja Pühavaimuna. Piibli kontekstis on Isa Jumal ise, Poeg Jeesus Kristus ja Pühavaim on Jumala armastus. Kuid praegusel antud kontekstis võib „Isa“ all tähendada hoopis vanemat maavälist mõistuslikku liiki, „Poja“ all aga loodud uut mõistuslikku liiki (mis on loodud inimliigi kaasabil) ja „Pühavaimu“ all amorphusolendite liiki, mis meie tavamõistes on „vaimolendid“. Selline konspektsioon võib esmapilgul tunduda naeruväärne ja isegi ketserlik, kuid sellegipoolest langeb selline hierarhia väga täpselt kokku väga paljude teiste ufojuhtumitest saadud informatsiooniga. Pealegi amorphusolendi kui mõiste eesliide „amor...“ tähendab hispaania keeles „armastust“ ja seega on amorphusolend kui „armastusolend“. Ka see on üsna tabav kokkulangevus, sest SLK-de ajal, mil inimene väljub oma kehast, nähakse valgusolendeid, kellest „kiirgab“ välja kujuteldamatu armastuse ja õndsuse tunne.

Küsimusele „*Kas olete teinud meiega ristsugutist*?“ vastas olend: „*Ei. Kuid me uurime uute olendite loomise võimalust*.“ Küsimusele „*Kas teie hulgas on tehtud ristsugutist*?“ vastas olend, et „*Jah*“. Küsimusele „*Kas olete viinud Maalt inimesi endaga kaasa*?“ vastas olend, et „*Ei. Ainult loomi. ...*“. Sellised avaldused näitavad väga selgelt seda, et maavälised olendid loovad uusi eluvorme ehk uut etnost. See tundub olevat nende üks põhilisi tegevusalasid, kuna selline info tuleb välja peaaegu kõikidest ufojuhtumitest, mille korral on inimene astunud lähikontakti maavälise mõistusliku olendiga. Kuid antud konkreetsetest avaldustest nähtub, et nemad ehk uus loodud mõistuslik liik (mis on inimsooga geneetiliselt suguluses) ei tee inimliigiga otseselt enam midagi, ei ristsugutist ega ei korralda isegi inimrööve. Seda teostavad ilmselt mõned teised (vanemad) maavälised tsivilisatsioonid, sest Maad külastavad eri liike tulnukaid ja erinevatest ufojuhtumitest nähtub ka inimröövide korraldamine, mille korral teostatakse paljunemisega seotud meditsiinilisi protseduure röövitud inimese bioloogilise kehaga.

KASUTATUD KIRJANDUS

Aarma, August. 1999. Teadustöö metoodika alused. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool.

Laanemäe, Aare. 2007. Kulturoloogia. Tallinn: kirjastus “Ilo”.

Piirimäe, Helmut. 1998. Inimene, ühiskond, kultuur I. Tallinn: kirjastus “Koolibri”.

Allik, Jüri; Kreegipuu, Kairi; Pullmann, Helle; Realo, Anu; Vadi, Maaja; Schmidt, Monika. 2002. Psühholoogia gümnaasiumile. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus.

Bachmann, Talis ja Maruste, Rait. 2011. Psühholoogia alused. 3. tr. Tallinn: Kirjastus TEA.

Farnaz Ma´sumian. 1997. Elu pärast surma. Tallinn: Kirjastus TEA.

Imeline Ajalugu. Nr 7/2013.

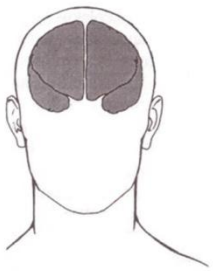
http://arileht.delfi.ee/archive/print.php?id=66455460

http://epl.delfi.ee/archive/print.php?id=51143247

„Surmapiiril“, „Life after death, a skeptical inquiry“; executive producer: Erik Nelson; © MCMXCVIII Termite Art Productions, LLC, All Rights Reserved.

Mart Vabar. 2006. Majandusgeograafia: globaalarengu võimalused, ohud, süsteemne terviklikkus ja perspektiivid. Õppemetoodiline materjal. Tallinna Tehnikaülikool, avaliku sektori majanduse instituut, avaliku sektori ökonoomika õppetool. TTÜ Kirjastus. Kolmas trükk.

„Ajabarjääri ületamine, võidujooks esimese ajamasina ehitamiseks“, Jenny Randles, Olion, Tallinn 2006, tõlkinud Jaan Kabin.



Marek-Lars Kruusen's

technology and science