8. Кукарских Л.А., Поленов В.С. Волновая динамика двухкомпонентных сред // Воронеж. ВУНЦ ВВС. «ВВА». 2017. 174 с.
9. Томас Т. Пластическое течение и разрушение в твердых телах// М.: Мир, 1964. 308 с.
10. Бронштейн И.Н. Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗОВ// М.: 1964. 608 с.

Сюсюка Е.Н., Ендовицкий В.Ю., Ковалев Р.А.

Сравнительный анализ теорий о строении элементарных частиц. The comparative analysis of theories about the structure of elementary particles

ГМУ им. Ф.Ф. Ушакова

doi: 10.18411/lj-06-2019-158

idsp: ljjournal-06-2019-158

Аннотация

В данной статье проводится сравнительный анализ нескольких теорий об элементарных частицах, рассмотрены вопросы о теории существовании кварков.

Ключевые слова: элементарные частицы, кварки, коллайдер, взаимодействия, теория поля, материализм.

Abstract

In this article the comparative analysis of several theories about elementary particles is carried out, opinions on the theory of existence of quarks.

Keywords: elementary particles, quarks, collider, interactions, theory of the field, materialism.

В настоящее время существует множество теорий о природе неразличимости различных элементарных частиц. Совсем недавно считалось, что все атомы составляли совокупность атомов водорода, в котором имеется 1 электрон и 1 протон, открытый Резерфордом. Но во второй половине XX века выяснили, что ядро атома состоит из положительного протона и зарядонейтрального нейтрона. Сейчас ведутся дискуссии о том, из чего состоит протон, нейтрино, нейтрон и другие открытые частицы, насколько идеальна Стандартная модель представления частиц. Как же разобраться в многообразии элементарных частиц и устройстве квантового мира.

Элементарная частица – собирательный термин, относящийся к микрообъектам в субъядерном масштабе, которые на практике невозможно расщепить на составные части.

Согласно классическим учебникам физики на данный момент существует следующая классификация элементарных частиц (рисунок 1) [1]

Рисунок 1—Классификация элементарных частиц

Кварк — фундаментальная частица в Стандартной модели, обладающая электрическим зарядом, кратным $e/3$, и не наблюдающаяся в свободном состоянии, но входящая в состав адронов (сильно взаимодействующих частиц, таких как протоны и нейтроны). Кварки являются бесструктурными, точечными частицами; это проверено вплоть до масштаба примерно 10^{-16} см, что примерно в 20 тысяч раз меньше размера протона. Кварки обладают и дополнительной внутренней характеристикой, называемой «цвет». Каждому кварку соответствует антикварк — античастица с противоположными квантовыми числами

Адроны (от др.-греч. *адрос* «крупный; массивный») — класс составных частиц, подверженных сильному взаимодействию. Адроны обладают сохраняющимися в процессах сильного взаимодействия квантовыми числами: странностью, очарованием, прелестью и др.

Квантовое число в квантовой механике — численное значение какой-либо квантованной переменной микроскопического объекта (элементарной частицы, ядра, атома и т. д.), характеризующее состояние этого объекта. Задание всех квантовых чисел однозначно и полностью характеризует состояние частицы.

Например, состояние электрона в атоме и вид описывающей его волновой функции могут быть охарактеризованы четырьмя квантовыми числами: главным (n), орбитальным (l), магнитным (m) и спиновым (m_s). Квантовые числа иногда делят на те, которые связаны с перемещением описываемого объекта в обычном пространстве (к ним, например, относятся введенные выше n , l , m), и те, которые отражают «внутреннее» состояние частицы. К последним относится спин (собственный момент импульса элементарных частиц) и его проекция. В ядерной физике вводится также изоспин, а в физике элементарных частиц появляются цвет, очарование, прелесть (или красота) и истинность.

Фермион — частица или квазичастица с полуцелым (то есть равным $n + 1/2$, где n — целое число) значением спина, выраженного в единицах постоянной Планка $\hbar$. Примеры фермионов: кварки (они образуют протоны и нейтроны, которые также являются фермионами), лептоны (электроны, мюоны, тау-лептоны, нейтрино), дырки (квазичастицы в полупроводнике).

Бозон — частица или квазичастица с целым значением спина. Большинство элементарных бозонов являются квантами калибровочных полей, при помощи которых осуществляется взаимодействие элементарных фермионов (лептонов и кварков) в Стандартной модели. К таким калибровочным бозонам относят:

фотон (электромагнитное взаимодействие),
глюон (сильное взаимодействие)
 $W^{\pm}$ - и Z -бозоны (слабое взаимодействие).

Кроме этого, к элементарным бозонам относят бозон Хиггса, ответственный за механизм появления масс в электрослабой теории, и не обнаруженный до настоящего времени гравитон (гравитационное взаимодействие).

Следует иметь в виду, что некоторые элементарные частицы (электрон, нейтрино, кварки и т. д.) на данный момент считаются бесструктурными и рассматриваются как первичные фундаментальные частицы. Другие элементарные частицы (так называемые составные частицы, в том числе частицы, составляющие ядро атома — протоны и нейтроны) имеют сложную внутреннюю структуру.

Представления о природе элементарных частиц в настоящее время сильно отличаются от принятых во второй половине XX в. Тогда первоначальным источником информации о частицах были β -распад и космические лучи, а ускорители элементарных частиц (коллайдеры) только начинали проектировать и строить. Напомним, что в середине прошлого века произошло объединение квантовой теории со специальной теорией относительности (СТО), которое привело к появлению теории взаимодействующих квантовых полей и связанных с ними частиц. Эта теория

подтверждена на опыте. К примеру, возьмем две расположенные на некотором расстоянии заряженные частицы, которые притягиваются или отталкиваются, и станем перемещать одну из них около ее начального местоположения. Электромагнитная сила, с которой одна частица воздействует на другую, не может привести к моментальным изменениям в местоположении последней, поскольку, согласно СТО, ни один сигнал не может распространяться быстрее скорости света. Возмущенная частица становится источником связанного с ней электромагнитного поля, переносящего через пространство энергию и влияющего на состояние другой частицы. Согласно квантовой теории, энергия может переноситься только дискретными порциями (квантами), которые следует интерпретировать как частицы, передающие силы взаимодействия. В квантовой теории поля взаимодействия одних частиц – источников полей (электромагнитного, слабого и сильного) связываются с другими частицами – переносчиками взаимодействий. В случае взаимодействия электрических зарядов (например, электронов) переносчиком будет фотон (γ -квант электромагнитного поля). Кроме электронов (e) в природе существуют более тяжелые частицы с зарядом -1 , мюон (μ) и χ -лептон, также участвующие в электромагнитном и слабом взаимодействиях. У каждой из них есть частица-партнер – нейтрино, почти не обладающая массой. В дополнение к электрону, мюону, χ -лептону и соответствующим им трем типам нейтрино (эти шесть частиц называют лептонами) в природе существуют дробно заряженные кварки шести типов (обозначаются символами u , d , s , c , b , t) с сильно отличающимися массами. Наиболее легкие кварки, u и d с зарядами $2/3$ и $-1/3$, образуют связанные состояния из трех кварков соответственно, которые хорошо известны как протон (1_1p) и нейтрон (1_0n), составляющие ядра атомов. В соответствии с представлением о частицах – переносчиках взаимодействий, слабые взаимодействия между электронами, мюонами, нейтрино и кварками осуществляются массивными частицами, называемыми W - и Z -бозонами. У W -бозона электрический заряд $+1$ или -1 , равный по величине заряду электрона, а Z -бозон электрически нейтрален.

Кварки — субчастицы с дробным электрическим зарядом — были теоретически предсказаны в 1964 г. американским физиком и нобелевским лауреатом Марри Гелл-Манном. По современным теоретическим представлениям, в свободном состоянии они существовали лишь в первые микросекунды после Большого взрыва, а потом собрались в тройки и склеились в уже известные нам частицы типа протонов или нейтронов — такое явление называется «кварковый конфайнмент». Любопытно, что имя для своих субчастиц Гелл-Манн позаимствовал из романа Джеймса Джойса «Поминки по Финнегану». В одном из эпизодов над героем романа летают чайки и выкрикивают странную фразу: «Три кварка для мистера Марка! Три кварка, три кварка, три кварка!!!» Гелл-Манн получил свою Нобелевскую премию за то, что он удивительным образом сумел вставить выдуманные Джойсом кварки в основание стройной системы вполне реального мира. Некоторые физики считают, что нейтронные звезды как раз образованы из кварк-глюонной материи — необычайно плотной ядерной материи, переходящей в кварк-глюонную плазму при экстремальных плотностях и температурах[3].

В настоящее время еще идет строительство современного российского коллайдера в Дубне, который позволит доказать или, наоборот, опровергнет существование кварков. «Дубненский коллайдер NICA с самого начала был рассчитан как раз на те энергии, о которых мечтают теоретики. Это будет огромная установка, работающая на встречных пучках тяжелых ионов. Как и Большой адронный коллайдер в CERN, это будет кольцо, правда поменьше, с периметром чуть больше 500 м», — как утверждает вице-президент ОИЯИ Г.В. Трубников. По его словам, главная уникальная особенность NICA — высокая плотность ядер золота, участвующих в столкновениях. Каждую секунду через квадратный сантиметр будут пролетать сгустки, содержащие в целом 1027 частиц, а в каждом сгустке будет не менее 2 млрд ядер золота. Машин

с такими характеристиками нигде в мире еще никто не создавал, параметры коллайдера абсолютно беспрецедентны.

Когда новый коллайдер будет запущен, собственно свободных кварков он, конечно, не разглядит. Его детектор узнает об их существовании в свободном виде по аномалиям, которых природа обычно не допускает, — например, наблюдая зарядовую асимметрию или необычные пики в спектре вылетающих частиц. Время ядерной реакции очень мало — фемтосекунды, и дистанции (или область взаимодействия) тоже необычайно микроскопичны — фемтометры (10^{-15} м). Однако в этой области сосредотачивается колоссальное количество нуклонов (протонов и нейтронов из ядер золота) — до нескольких миллиардов. Образуется необычайно плотная среда при высокой температуре, которая и может давать возможность кваркам высвобождаться на мгновения. Сталкивающиеся ионы золота при высоких температурах и экстремальных плотностях ядерного вещества будут рождать целые ливни продуктов ядерной реакции — фотоны, электроны и позитроны, заряженные и нейтральные мезоны, барионы и много чего другого. Нарушение симметрии, например различное число рождающихся положительно и отрицательно заряженных к-мезонов, может указывать на фазовые переходы в ядерной материи и деконфайнмент (Конфайнмент – явление в физике элементарных частиц, состоящее в невозможности получения кварков в свободном состоянии). Странное поведение и плато (или пики) в энергетическом спектре каонов (каон – мезон, содержащий один странный антикварк) могут говорить о том, что образовалась смешанная фаза — состояние, когда ядерная материя существует одновременно с кварк-глюонной. Очень хорошая аналогия тут может быть приведена с фазовыми переходами воды: нагрев воду до 100°C при одной атмосфере, можно наблюдать в пробирке одновременно и жидкость, и пар, и пузырьки газа в жидкости (смешанную фазу). А если нагреть колбу с водой до нескольких сотен градусов при очень высоких давлениях, жидкость в колбе становится непрозрачной и в конечном итоге взрывообразно испаряется сквозь стенки колбы.

Но есть ученые, придерживающихся другого мнения о том, что кварков не существует, и все процессы происходят на основе взаимодействия полей. Недавно была затронута полевая теория элементарных частиц, автором которой является Владимир Горуневич [4]. По его мнению, должны быть факты существования у элементарных частиц следующих электромагнитных полей:

- постоянного электрического поля (как поля электрического заряда, так и дипольного),
- постоянного магнитного поля,
- волнового переменного электромагнитного поля.

Перечисленные электромагнитные поля элементарной частицы (с ненулевой величиной массы покоя) связаны в единое переменное электромагнитное поле с постоянной составляющей. Следовательно, постоянное электрическое и постоянное магнитное поле элементарной частицы поляризованы так же, как и компоненты переменного электромагнитного поля: внутри элементарной частицы вектор напряженности электрического поля (E), вектор напряженности магнитного поля (H) и вектор направления вращения ортогональны (перпендикулярны).

Поскольку внутри элементарной частицы имеется переменное электромагнитное поле, локализованное в ограниченном пространстве - оно вращается по некоторой устойчивой орбите, с определенным набором квантовых чисел и средней скоростью, равной скорости света. В соответствии с законами Классической электродинамики, формулой Эйнштейна и преобразованиями Лоренца, электромагнитные поля элементарной частицы создают ее гравитационную и инертную массу, в том числе и ее массу покоя:

$$m_0 = \frac{1}{8\pi c^2} * (\int (E^2 + H^2) dv)$$

Таким образом, величина внутренней энергии элементарной частицы, а следовательно и ее массы, зависит от полей, в которых элементарная частица находится. Что касается гипотетических полей, которые якобы существуют у элементарных частиц (поле Хиггса и др.) их наличие в природе требуется не постулировать - а доказать.

Электромагнитные поля частицы и соответствующей античастицы отличаются поляризацией на угол π , а значит знаками векторов E и H . Разделение списка элементарных частиц на «вещество» и «антивещество» является условным – все элементарные частицы состоят из одной и той же полевой электромагнитной материи, а энергия, содержащаяся в электромагнитном поле элементарных частиц всегда положительна:

$$W = \frac{1}{8\pi} * (\int (E^2 + H^2) dv)$$

Именно таким образом В.Горунович описывает все доводы по отрицанию существованию кварков[3]. Но Е.А. Бондаренко в статье «Материя: основное положение теории строения элементарных частиц и полевая теория строения элементарных частиц» указывает на «пренебрежность» к устоявшимся знаниям и фактам о материи и ее взаимодействиях. «Он просто игнорирует, все то, что нам известно о материальном объекте: с точки зрения физики, – это система, находящаяся в состоянии динамического равновесия и переходящая из одного равновесного состояния в другое, которая может быть описана человеком как движение. Далее, любая физическая система характеризуется наличием импульса движения, сил притяжения и отталкивания, и как результат – наблюдается переход системы из одного энергетического состояния в другое», - утверждает Бондаренко[2].

Интересен уже сказанный выше факт, что протоны состоят не из одной частицы, а из трёх электрических зарядов (кварков) : два электрических заряда $+2e/3$ и один электрический заряд $-e/3$. В сумме эти заряды дают $+e$. Это было сделано, поскольку физика предположила, что протон имеет сложную структуру и состоит из двух u-кварков с зарядом $+2e/3$ и одного d-кварка с зарядом $-e/3$. Но, как известно, кварки ещё не были экспериментально обнаружены, поэтому остается только полагаться «на веру» либо необходимо найти другую структуру элементарных частиц.

Бондаренко утверждает, что для «математической физики» существование кварков вполне объяснимо[2]. Но можно ли считать кварки неделимой элементарной частицей? Неужели ученые достигли «предел деления адронной частицы»? На этот вопрос учёный отметил так : «По поводу деления материи можно чётко и определенно сказать, что предела ее деления не существует, как не существует и предела человеческой глупости. Для объективного существования части материальной действительности необходимо, чтобы она обладала способностью к существованию; наличие этой способности может обеспечить только взаимодействие, а внутри кварка оно отсутствует, таким образом, отсутствует причина его существования, ввиду невозможности его дальнейшего деления на взаимодействующие между собой составные части. Поэтому кварки не существуют, как части объективной реальности, поскольку не обладают способностью к существованию в связи с отсутствием взаимодействия внутри кварков и существуют только в качестве частей субъективной реальности – благодаря человеку и его представлениям о строении элементарных частиц». Это ещё раз доказывает, что необходимы эксперименты для точного доказательства разных противоречивых теорий.

Безусловно, есть множество других теорий об элементарных частицах. К примеру, Бондаренко предложил рассмотреть фотон, как бесконечно делимую частицу, которая состоит из фотонов, добавив , что элементарные частицы своим существованием обязаны фотону – взаимодействию между фотонами, в то время как

сам фотон, обязан своим существованием взаимодействию между элементарными частицами и их антиподами.

Таким образом, различные теории существования и реальности кварков и взаимодействия элементарных частиц могут быть определены только экспериментальным способом. К сожалению, математическая физика не может полностью доказать и объяснить все взаимодействия между частицами и внутри их. Некоторые теории, такие, как теория поля, имеют хорошую перспективу для объяснения взаимодействий, но все же есть некоторые недочеты в ее объяснении и доказательстве. Только исследования в современных коллайдерах могут экспериментально доказать или опровергнуть все существующие теории.

1. Трофимова Т.И. «Курс физики» 11-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2006. — 560 с.
2. Бондаренко Е.А. Материя: основное положение теории строения элементарных частиц и полевая теория строения элементарных частиц. // Проблемы науки. - 2017. № 10 (23). - С. 21-37
3. Покровский В. Три кварка, три кварка, три кварка // В мире науки. – 2016. - №3. – С.10-13.
4. Горунович В.А. Полевая теория строения элементарных частиц». http://vladimirgorunovich.narod.ru/index/polevaja_teorijaelementarnykh_chastic_osnovnye_polozhenija/0-2

Юров В.М., Гученко С.А., Завацкая О.Н.

К вопросу об образовании высокоэнтروпийных сплавов d-элементов

*Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова
(Казахстан, Караганда)*

doi: 10.18411/lj-06-2019-159

idsp: ljjournal-06-2019-159

Аннотация

Для формирования высокоэнтропийных сплавов базовыми являются d – элементы. Сравнение таблицы 1 с высокоэнтропийными сплавами показывает их большое сходство. Если провести сравнение с лантаноидами, то можно заметить существенные отличия. Особенно проявляются отличия в количестве монослоев R в слое d(I) лантаноидов. Нужно отметить, что высокоэнтропийные сплавы в состав лантаноидов не наблюдались.

Ключевые слова: высокоэнтропийные сплавы, размерный эффект, наноструктура, монослой, поверхностный слой.

Abstract

For the formation of high-entropic alloys, d-elements are basic. Comparison of table 1 with high-entropy alloys shows their great similarity. If we make a comparison with the lanthanides, then you can notice significant differences. The differences in the number of monolayers R in the d (I) layer of lanthanides are especially pronounced. It should be noted that high-entropy alloys in the composition of the lanthanides were not observed.

Keywords: high-entropy alloys, size effect, nanostructure, monolayer, surface layer.

По мнению авторов [1] - отличительной особенностью высокоэнтропийных сплавов (ВЭСов) от традиционных является то, что эти сплавы имеют высокую энтропию смешения, которая влияет на образование структур на основе твердых растворов. Между тем в отношении роли этого параметра имеется противоречивая информация (см. библиографию в [2]).

Исходя из анализа литературных данных, в настоящее время не существует универсального параметра и/или их сочетания, которые могли бы точно предсказывать образование той или иной структуры в многокомпонентных системах сплавов. Мы не