ÎNVĂȚAREA SISTEMICĂ A TEORIILOR FIZICE

Vladimir DONICI, *doctor, director al*
Colegiului Tehnologic din Chișinău
ORCID iD: 0000-0003-0306-5021

Rezumat. *Dinamica dezvoltării științei și acumularea unui volum enorm de informație impune corecții în didactica fizicii, din perspectiva optimizării procesului de învățare și eficientizare a însușirii conținuturilor de către discipoli. În acest articol se propune metoda de învățare sistemică a teoriilor fizice, care utilizează ideea algoritimizării învățării, crearea modelelor mintale, care să permită dobândirea achizițiilor teoretice cu un consum minim de efort din partea elevilor și profesorilor. Întru susținerea acestei poziții, se prezintă un model de studiere și sistematizare a termodinamicii, utilizând criterii din cadrul planului generalizat de studiere a teoriilor fizice, promovat de specialiștii în domeniu.*

Cuvinte-cheie: *teorii fizice, plan generalizat, modele mentale, baza de orientare a acțiunii, criterii de caracterizare a teoriei, produse ale cercetărilor științifice și elaborărilor tehnice, învățare sistemică, modele de învățare, algoritimizarea învățării.*

SYSTEMIC LEARNING OF PHYSICAL THEORIES

Abstract. *The dynamics of science development and the accumulation of an enormous amount of information impose upon corrections in physics didactics, from the perspective of optimization of the teaching and learning process and the improvement of the content assimilation by the pupils. In this article is proposed the method of systemic learning of physics theories, which uses the idea of learning algorithmization, creation of mental models, which would allow for the realization of the theory acquisition with a minimal effort consumption by both pupils and teachers. In support of this position, it is presented a model of study and systematization of thermodynamics, with the use of certain criteria from the general plan of physics theory study, promoted by experts in this field.*

Keywords: *physical theories, generalized plan, mental model, basis of operative direction, criteria of theory characterization, products of scientific research and technical elaborations, systemic learning, learning models, algorithmizing of learning.*

Transformările produse în ultimii ani în sistemul educațional sub aspect strategic, dezvoltarea curriculumului național, prin optimizarea și echilibrarea moderată a tuturor componentelor, au generat acțiuni și soluții spre elaborarea metodologiilor de implementare a tehnologiilor conforme politicilor educaționale ale statului. Cercetările științifice efectuate în domeniul didacticii disciplinei, opiniile specialiștilor din țară și de peste hotare, cât și actele normative emise în ultimii ani, au determinat în mare măsură reperele de bază ale strategiilor de eficientizare a învățării în procesul de formare a competențelor școlare.

Volumul de informații care a invadat științele fundamentale în ultimele decenii, și-a lăsat amprenta și asupra disciplinelor școlare, iar aceasta necesită o flexibilitate continuă a metodologiei de formare a personalității în baza unor viziuni și concepții noi.

Specialiștii în domeniu menționează că sensul verbului „a cunoaște” evoluează în ultimele decenii de la „a fi în stare să-ți amintești și să repeți informația” la „a fi capabil să găsești și să utilizezi informația” în situații-problemă. Mai mult decât oricând, astăzi, cantitatea de informație este imposibil de acoperit prin învățare. Astfel, activitatea cadrului didactic, ca prestator de servicii educaționale, este de a sprijini beneficiarii – elevii în dezvoltarea instrumentelor intelectuale și a strategiilor de învățare, necesare achiziționării autonome de cunoștințe care să contribuie la formarea unei gândiri și activități productive [3; 4].

Resursele interne sunt exprimate prin ansamblul de capacități și ansamblul de cunoștințe asociate. Din șirul capacităților, ce se formează la elevi în procesul studierii bazelor științelor, capacitățile cognitive exprimă pregătirea de acumulare a cunoș-

tințelor de sine stătător, atât în procesul de învățământ, cât și după absolvire. Aceste capacități constituie un factor important și necesar pentru realizarea obiectivelor educaționale, fără supraîncărcarea elevilor și sporesc, totodată, randamentul demersului educațional. Componenta capacităților cognitive este determinată de sursele de cunoștințe, cum sunt manualele și activitățile de învățare ce favorizează corectitudinea interpretării și profunzimea structurării materiei teoretice [2].

Capacitățile se formează în procesul activităților elevului, iar acestea includ un șir de acțiuni și operații concrete. Un factor foarte important ce determină eficiența acțiunilor este *baza de orientare a acțiunii* [6]. Aceasta poate avea diferit grad de algoritmizare, elaborându-se și adaptându-se după caz, de regulă, în funcție de particularitățile individuale și de vârstă ale elevilor. În literatura metodică aceste aspecte sunt interpretate ca învățare după modele mentale. *Modelele mentale* tind să minimizeze consumul de energie al utilizatorului în procesul gândirii.

Baza de orientare cu gradul cel mai înalt de algoritmizare se reprezintă prin planuri generalizate de învățare a conținuturilor fizicii după anumite criterii. Aplicarea acestor planuri în procesul educațional va avea ca rezultat optimizarea regimului de învățare, printr-un consum minim de timp și energie, consolidarea algoritmului de învățare pentru studii independente de perspectivă și o asimilare mai profundă și trainică a cunoștințelor științifice. Specialiștii în domeniu recomandă însuși profesorilor de fizică de a se conduce, la explicarea conținuturilor, de planurile generalizate și să-i orienteze și pe elevi asupra utilizării acestora în procesul de învățare în clasă și acasă [3; 6].

Analiza logico-structurală a disciplinei *Fizică* denotă următoarele elemente structurale de bază ale cunoștințelor științifice: faptele generice, conceptele, legile, teoriile și tabloul științific al lumii. În literatura didactică ele mai sunt numite și categorii de cunoștințe declarative, reflectând și alte variante de clasificare. De exemplu, lista elementelor de structură conține și modelele fizice, iar legile sunt incluse în categoria enunțurilor fizicii, de rând cu principiile și ipotezele științifice [6]. Ansamblul acestor categorii de cunoștințe reprezintă cunoștințele fundamentale ale disciplinei, pe care elevul trebuie să le asimileze în procesul de învățare a fizicii. Unitatea acestui ansamblu este reflectată prin legăturile coerente dintre categoriile menționate. Astfel, pe baza analizei fenomenelor, faptelor generice, se definesc concepte științifice noi, iar legile exprimă relații dintre concepte. Teoria reprezintă o generalizare referitoare la

un ansamblu de obiecte și anumite fenomene care pot fi incluse, în baza unui criteriu, într-un sistem coerent: fapte generice, concepte, ipoteze, consecințe, legi și principii. Teoria este un instrument de cercetare și de interpretare a unui cerc de fenomene, fiind totodată și un instrument de prognoză.

Pentru formarea competențelor școlare la studiul unei anumite categorii de fenomene este rațional de format elevului resursele interne privitoare la teoria respectivă, adică ansamblul de capacități și cunoștințe asociate, care-i vor asigura utilizarea aparatului teoriei la soluționarea situațiilor-problemă specifice (competențe specifice), iar la nivel superior de performanță și competențe transdisciplinare. Acestea vor fi modelate de profesor, fiind similare situațiilor reale.

Teoriile se studiază de elevi doar la etapa liceală, în gimnaziu fiind studiate doar unele elemente ale acestora. De aceea, planul generalizat de studiere a teoriei elevii îl vor însuși, evident, la începutul clasei a X-a. Dacă profesorul le-a format discipolilor, în clasele gimnaziale, deprinderi de a opera cu planurile generalizate de învățare a fenomenelor, mărimilor fizice, legilor etc., atunci aceștia vor însuși mai ușor teoria fizică.

În continuare, vom examina un model posibil de formare a competențelor școlare la studiul *Bazelor termodinamicii*, elaborat pentru clasele cu profil umanist. Conform prevederilor curriculumului de fizică (ediția 2019), la sfârșitul studierii acestui capitol, elevii vor demonstra dobândirea următoarelor achiziții [5]:

- definirea conceptelor: energia internă, proces ciclic, ecuație calorică de stare, principiul întâi al termodinamicii, motor termic;
- explicarea principiului întâi al termodinamicii ca lege de conservare;
- aplicarea principiului întâi al termodinamicii pentru transformările izotermă, izocoră, izobară la rezolvarea problemelor;
- descrierea principiului de funcționare a motoarelor termice;
- identificarea și analiza problemelor ecologice, cauzate de utilizarea motoarelor termice;
- analiza rezultatelor măsurărilor efectuate și formularea concluziilor prin aprecierea rezultatului obținut.

Acestea sunt unitățile de competențe centrate pe sistemul de achiziții obligatorii de a fi formate elevilor. Întru realizarea acestor unități de competențe, curriculumul recomandă parcurgerea următoarelor unități de conținut:

*Energia internă;
Lucrul în termodinamică;
Cantitatea de căldură;
Principiul întâi al termodinamicii;
Transformarea energiei interne în lucru mecanic;
Motoare termice, aplicații, poluarea mediului
ambiant.*

La începutul studiului, la etapa sensibilizării elevului privitoare la categoria fenomenelor studiate, se va face o descriere generală a termodinamicii, cu reflectarea celor mai semnificative evenimente și fapte experimentale, date istorice și savanți care au contribuit la crearea ei. Apoi, elevilor li se va aminti planul generalizat de studiere a unei teorii, cunoscut deja din învățarea „Mecanicii” și „Teoriei cinetico-moleculare”:

1. *Faptele experimentale care au servit drept bază pentru elaborarea teoriei;*
2. *Conceptele de bază ale teoriei;*
3. *Principiile de bază ale teoriei;*
4. *Aparatul matematic al teoriei (ecuațiile de bază);*
5. *Categoria fenomenelor explicate de teorie;*
6. *Consecințele teoriei (fenomene și proprietăți care pot fi prezise de teoria dată);*
7. *Experiențe, care denotă justetea teoriei date și a consecințelor acesteia.*

Aplicarea unui astfel de plan atribuie procesului învățării un caracter sistemic și conștient direcționat [1]. În continuare, urmează aplicarea strategiilor didactice de formare a capacităților vizate și a competențelor în conformitate cu proiectarea lecției. Iar la lecția de sistematizare și generalizare se va reveni la planul generalizat, dar cu aplicare concretă la termodinamică. Cunoștințele obținute vor fi repetate și consolidate după structura generală a planului sub formă de discuție dirijată și chestionare orală cu aplicații practice în situații-problemă. Se vor elucida următoarele aspecte:

1) **Ce fapte experimentale au favorizat crearea termodinamicii ca teorie?**

Fenomene termice cunoscute din natură sau modelate experimental și necesitatea interpretărilor acestora, precum și cercetări pentru elaborarea/optimizarea mașinilor termice:

- a) *schimbul de căldură dintre corpuri (încălzire, răcire), tipuri de schimb de căldură, variații de temperatură la schimbul de căldură ș.a.;*
- b) *lucrul efectuat de agentul de lucru (de ex.: vaporii) la variația volumului etc.*

2) **Enumerați conceptele de bază cu care operează această teorie.**

Sistem termodinamic, starea sistemului termodinamic, parametri de stare, transformare de stare,

proces termodinamic, proces ciclic, stare de echilibru, echilibru termic, proces de echilibru, energie internă, lucrul schimbat de sistem, cantitate de căldură, coeficienți calorici, vaporizare, condensare, topire, solidificare, sublimare, desublimare, agent de lucru, mașină termică/motor termic, randament, mașină frigorifică, ciclu termodinamic ș.a.

Conceptele pot fi exprimate:

- a) *prin cuvinte și îmbinări de cuvinte:
de exemplu: sistem termodinamic,
starea sistemului termodinamic,
stare de echilibru a sistemului termodinamic,
proces termodinamic, proces cvasistatic
(de echilibru), necvasistatic;*
- b) *prin simbol matematic:
parametri de stare (de exemplu pentru un gaz:
 p, V, T),
mărimi de stare și de proces: energie internă (U),
cantitate de căldură (Q),
lucru schimbat de sistem (L),
coeficienți calorici: c, C, C_p ;*
- c) *prin simboluri grafice:
puncte pe diagramele de stare ($p, V; V, T; p, T$),
curba procesului ș.a.*

3) **Formulați principiile termodinamicii.**

Principiul I al termodinamicii în două formulări:

Variația energiei interne a unui sistem macroscopic este egală cu cantitatea de căldură primită de sistem, plus lucrul mecanic efectuat asupra acestuia de corpurile din exteriorul sistemului.

$$\Delta U = Q + L'$$

Cantitatea de căldură primită de sistem este egală cu suma dintre variația energiei interne a sistemului și lucrul mecanic efectuat de acesta asupra corpurilor exterioare.

$$Q = \Delta U + L$$

Principiul II al termodinamicii: (2-3 formulări)

4) **Care sunt ecuațiile de bază și expresiile ce constituie aparatul matematic al termodinamicii?**

Aparatul matematic al teoriei (ecuațiile de bază):

- 1) $U = U(T, V); U = \frac{1}{2} \nu RT;$
- 2) $\Delta L = p \Delta V;$
- 3) $Q = cm \Delta T; C = mc; C_p = \mu c;$
- 4) $Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0;$
- 5) $Q = \Delta U + L$ sau $\Delta U = Q + L';$
- 6) $C_p = C_v + R; c_p = c_v + \frac{R}{\mu};$
etc.

5) **Ce fenomene explică această teorie?**

Teoria dată explică fenomenele termice, răspunzând la întrebarea „Cum?”.

(spre deosebire de teoria cinetico-moleculară, ce răspunde la întrebarea: „De ce?”)

6) Ce fenomene și proprietăți pot fi prevăzute de termodinamică?

- transformări de tipul: $L \rightarrow Q$, $Q = L$
 $Q \rightarrow L$, dar $L < Q$
 $\eta < 1$ etc.
- cicluri optimizate de motoare termice și mașini frigorifice, instalații criogene etc.

În acest context, se vor accentua două aspecte ale termodinamicii: cea de explicare a fenomenelor și de prezicere, de prognozare a unor fenomene și procese, necunoscute la etapa creării ei. Adică, se va arăta rolul acestei teorii ca instrument de cercetare continuă și de prognozare științifică.

7) Ce experiențe denotă justetea teoriei date și a consecințelor acesteia?

Într-un sens îngust, justetea teoriei se confirmă în cadrul diferitor experiențe ce demonstrează desfășurarea fenomenelor și proceselor termice în conformitate cu legile termodinamicii.

Într-un sens mai larg/general, justetea termodinamicii este confirmată prin produsele cercetărilor și elaborărilor tehnice, prin realizările tehnico-științifice la soluționarea problemelor ce țin de procese fizice/termice complexe, cu ajutorul aparatului matematic al teoriei sau prin metode experimentale, prin crearea diverselor mașini termice, frigorifice, echipamente tehnologice, utilizate pe scară largă în viața cotidiană și economia națională a tuturor țărilor lumii.

Această metodologie, descrisă în prezentul articol printr-un exemplu de utilizare a planului generalizat de studiere a teoriei, poartă un caracter general, întrucât poate fi aplicată cu succes la însușirea eficientă și a altor teorii fizice. Astfel de planuri generalizate permit de a însuși conținuturile fizicii într-o manieră sistemică, prin eșalonarea logică a tuturor acțiunilor elevilor și contribuie la eficientizarea activității lor cognitive, direcționând-o spre formarea cunoștințelor fundamentale, funcționale, interiorizate și cele exteriorizate [1].

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. Botgros I., Franțuzan L., Donici V. Aspecte metodologice ale formării competenței școlare la lecțiile de fizică. In: *Didactica Pro...*, revistă de teorie și practică educațională, 2011, Nr. 3 (67), pp. 32-35.
2. Călțun O.F. *Didactica fizicii*. Iași: Editura Universității „Al.I. Cuza”, 2002.
3. Ciascai L. *Didactica fizicii*. București: Editura „Corint”, 2001.
4. Crocnan D.O. *Concepte eronate în fizică*. București: Editura „Meteor Press”, 2004.
5. *Fizică. Astronomie: Curriculum național: Clasele X-XII: Curriculum disciplinar: Ghid de implementare*. MECC. Coordonatori: Angela Cutasevici, Valentin Crudu, Victor Păgînu; grupul de lucru: Anatol Gremalschi (coord.) [et al.]. Chișinău: Editura „Lyceum” (F.E.-P. „Tipogr. Centrală”), 2020.
6. Усова А.В. *Теория и практика обучения физике. Общие вопросы: Курс лекций*. Санкт Петербург: Изд-во „Медуза”, 2002.