

UNIVERSITATEA PEDAGOGICĂ DE STAT „ION CREANGĂ”

**Cu titlu de manuscris
C.Z.U.: 37.091.2:53(043.3)**

DABIJA VIOREL

**FORMAREA COMPETENȚELOR DE ÎNVĂȚARE PE TOT
PARCURSUL VIEȚII ÎN CADRUL LECȚIEI DE FIZICĂ**

**Specialitatea: 532.02 DIDACTICA ȘCOLARĂ
(fizica)**

Teză de doctor în științe ale educației

Conducător științific: Mihail CALALB

Autor: Viorel DABIJA

Chișinău 2026

CUPRINS

ADNOTARE.....	6
LISTA TABELELOR.....	9
LISTA FIGURILOR.....	11
LISTA ABREVIERILOR	12
LISTA ANEXELOR	13
INTRODUCERE.....	15
1. ASPECTE TEORETICO – DIDACTICE PRIVIND NECESITATEA FORMĂRII COMPETENȚELOR DE ÎNVĂȚARE PE TOT PARCURSUL VIEȚII.....	26
1.1 Cadrul conceptual al competențelor în educație: competențe cheie, competențe de învățare pe tot parcursul vieții și competențe științifice.....	26
<i>1.1.1. Originea și evoluția noțiunii de competență.....</i>	<i>26</i>
<i>1.1.2. Competențele-cheie în documentele educaționale internaționale și naționale</i>	<i>30</i>
<i>1.1.3. Competențele de învățare pe tot parcursul vieții în educația contemporană</i>	<i>34</i>
<i>1.1.4. Competențele științifice în contextul educației școlare.....</i>	<i>37</i>
1.2 Structura teoretică a competențelor de învățare pe tot parcursul vieții și relația lor cu strategiile didactice în predarea fizicii	41
<i>1.2.1. Relația dintre competențele de învățare pe tot parcursul vieții și strategiile didactice</i>	<i>41</i>
<i>1.2.2. Elementele constitutive ale competențelor de învățare pe tot parcursul vieții.....</i>	<i>48</i>
1.3 Învățarea prin cercetare ca paradigmă pedagogică pentru formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în fizică.....	51
1.4 Concluzii la Capitolul 1.....	55
2. BAZELE METODOLOGICE DE FORMARE A COMPETENȚELOR DE ÎNVĂȚARE PE TOT PARCURSUL VIEȚII ÎN CADRUL LECȚIEI DE FIZICĂ ÎN GIMNAZIU	58
2.1 Formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în cadrul lecției de fizică.....	58
<i>2.1.1. Cadrul conceptual pentru formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții prin metoda cercetării</i>	<i>58</i>

2.1.2.	<i>Corelarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții cu competențele specifice fizicii ca disciplină școlară</i>	62
2.2	Abordarea integrată pentru dezvoltarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în cadrul lecțiilor de fizică	68
2.2.1.	<i>Strategii didactice pentru dezvoltarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții la lecția de fizică</i>	68
2.2.2.	<i>Abordări educaționale integrate pentru formarea CIPV</i>	72
2.3	Conceptul ideilor științifice mari și aplicarea lui la dezvoltarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții	80
2.3.1.	<i>Conceptul ideilor științifice mari</i>	80
2.3.2.	<i>Aplicarea conceptului Ideilor Științifice Mari la dezvoltarea în cadrul lecției de fizică a competențelor de învățare pe tot parcursul vieții..</i>	82
2.4	Rolul componentelor cunoașterii în dezvoltarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții.....	89
2.4.1.	<i>Structurarea cunoașterii în cunoștințe teoretice, axiologice și metacognitive în procesul de învățare a fizicii</i>	89
2.4.2.	<i>Corelația între metacogniție, atitudine și cunoștințele teoretice</i>	94
2.5	Concluzii la capitolul 2.....	103
3.	MODEL PEDAGOGIC DE FORMARE LA LECȚIA DE FIZICĂ A COMPETENȚELOR DE ÎNVĂȚARE PE TOT PARCURSUL VIEȚII .	106
3.1	Studiul relației dintre CIPV și componentele cunoașterii	106
3.1.1.	<i>Structura cunoașterii științifice și cadrul metodologic al cercetării la lecția de fizică</i>	106
3.1.2.	<i>Impactul Instruirii Mutuale asupra cunoașterii declarative, procedurale și condiționale în lecția de fizică</i>	110
3.2	Influența întrebărilor conceptuale asupra tipurilor de cunoștințe din perspectiva CIPV.....	118
3.2.1.	<i>Analiza nivelului inițial al competențelor de învățare pe tot parcursul vieții la începutul studierii fizicii în gimnaziu</i>	118
3.2.2.	<i>Utilizarea întrebărilor conceptuale ca strategie de activare a raționamentului conceptual în lecțiile de fizică.....</i>	121
3.2.3.	<i>Aplicarea întrebărilor conceptuale în studiul Electrocineticii în clasa a VIII-a: design experimental și analiză pe tipuri de cunoaștere</i>	126
3.3	Modelul pedagogic 4D pentru formarea CIPV la lecțiile de fizică...	136
3.3.1	<i>Structura modelului 4D de formare a CIPV</i>	136
3.3.2	<i>Aplicarea modelului 4D de formare a CIPV.....</i>	141

3.4 Concluzii la capitolul 3.....	152
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI	156
BIBLIOGRAFIE	162
ANEXE	187
DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII.....	237
CURRICULUM VITAE	Error! Bookmark not defined.

ADNOTARE

Dabija Viorel

Formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în cadrul lecției de fizică

Teză de doctor în științe ale educației, Chișinău, 2026

Structura tezei: teza este alcătuită din introducere, trei capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie din 256 de surse, adnotare (română, engleză, rusă), cuvinte-cheie, lista abrevierilor. Teza este expusă pe 147 pagini text de bază, 23 figuri, 28 tabele și 20 anexe. Rezultatele obținute sunt publicate în 13 lucrări științifice.

Cuvinte-cheie: competențe de învățare pe tot parcursul vieții, întrebări conceptuale, învățarea științelor prin metoda cercetării, componentele cunoașterii științifice, model pedagogic de formare a competențelor de învățare pe tot parcursul vieții.

Scopul lucrării constă în fundamentarea teoretică, analiza mecanismelor cognitive și validarea experimentală a formării competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în predarea fizicii.

Obiectivele cercetării: 1) analizarea cadrului conceptual și epistemic al competențelor de învățare pe tot parcursul vieții și al statutului acestora în predarea fizicii; 2) evidențierea rolului ideilor științifice mari și al întrebărilor conceptuale în structurarea învățării prin înțelegere și în formarea competențelor de învățare; 3) explicarea mecanismelor formării competențelor de învățare pe tot parcursul vieții; 4) investigarea experimentală a impactului metodei instruirii mutuale asupra înțelegerii conceptuale, metacogniției, atitudinii față de fizică și succesului academic al elevilor; 5) elaborarea și fundamentarea modelului pedagogic de formare a competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în predarea fizicii.

Noutatea și originalitatea științifică constau în: corelarea cadrului conceptual al competențelor de învățare pe tot parcursul vieții cu mecanismele cognitive ale învățării; tratarea ideilor științifice mari și a întrebărilor conceptuale ca elemente definitorii ale înțelegerii fizicii; analizarea constructului general al cunoașterii științifice; cercetarea impactului instruirii mutuale asupra triadei cunoașterii și succesului academic al elevilor; integrarea cogniției și metodologiei didactice într-un model pedagogic unitar de formare a competențelor de învățare în predarea fizicii.

Rezultatul obținut soluționează problema clarificării mecanismelor didactice prin care competențele de învățare pe tot parcursul vieții pot fi formate sistematic în predarea fizicii.

Semnificația teoretică a cercetării constă în delimitarea cadrului conceptual al competențelor de învățare ca finalitate educațională transversală în predarea fizicii, explicarea relațiilor dintre ideile științifice mari, componentele cunoașterii științifice și mecanismele cognitive ale învățării, precum și în validarea empirică a relațiilor dintre înțelegerea conceptuală, metacogniție, atitudinea față de fizică și succesul academic, integrate într-un model pedagogic explicativ.

Valoarea aplicativă a lucrării constă în oferirea unui cadru pedagogic operațional pentru formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în predarea fizicii.

Implementarea rezultatelor științifice a fost realizată în cadrul experimentului pedagogic desfășurat în IPLT M. Eminescu din mun. Ungheni, seminarelor metodologice republicane ale profesorilor de fizică, precum și în cadrul conferințelor naționale și internaționale.

ANNOTATION

Viorel Dabija

Development of Lifelong Learning Competencies in Physics Lessons

Doctoral thesis in Education Sciences, Chişinău, 2026

Thesis structure: The thesis consists of an introduction, three chapters, general conclusions and recommendations, a bibliography comprising 256 references, annotations (Romanian, English, and Russian), keywords, and a list of abbreviations. The main body comprises 147 pages, includes 23 figures, 28 tables, and 20 appendices. The research results have been published in 13 scientific papers.

Keywords: lifelong learning competencies, conceptual questions, inquiry-based science education, components of scientific knowledge, pedagogical model for developing lifelong learning competencies.

The aim of the research is the theoretical substantiation, analysis of cognitive mechanisms, and experimental validation of the development of lifelong learning competencies in physics education.

Research objectives: 1) to analyse the conceptual and epistemological framework of lifelong learning competencies and their status in physics education; 2) to highlight the role of big scientific ideas and conceptual questions in structuring learning through understanding and in developing learning competencies; 3) to explain the mechanisms underlying the development of lifelong learning competencies; 4) to experimentally investigate the impact of peer instruction on conceptual understanding, metacognition, attitudes toward physics, and students' academic achievement; 5) to develop and ground a pedagogical model for fostering lifelong learning competencies in physics education.

The scientific novelty and originality consist in correlating the conceptual framework of lifelong learning competencies with the cognitive mechanisms of learning; treating big scientific ideas and conceptual questions as defining elements of understanding physics; analysing the general construct of scientific knowledge; investigating the impact of peer instruction on the triad of knowledge and students' academic achievement; and integrating cognition and teaching methodology into a unified pedagogical model for developing learning competencies in physics education.

The obtained results solve the problem of clarifying the instructional mechanisms through which lifelong learning competencies can be systematically developed in physics education.

The theoretical significance of the research lies in defining the conceptual framework of learning competencies as a cross-curricular educational outcome in physics education, explaining the relationships among big scientific ideas, the components of scientific knowledge, and the cognitive mechanisms of learning, as well as empirically validating the relationships among conceptual understanding, metacognition, attitudes toward physics, and academic achievement, integrated into an explanatory pedagogical model.

The practical value of the study lies in providing an operational pedagogical framework for developing lifelong learning competencies in physics education.

The scientific results were implemented within the pedagogical experiment conducted at the “M. Eminescu” Theoretical High School in Ungheni, during national methodological seminars for physics teachers, and at national and international conferences.

АННОТАЦИЯ

Дабижа Виорел

Формирование компетенций обучения на протяжении жизни на уроках физики
Диссертация на соискание ученой степени доктора педагогических наук, Кишинёв, 2026

Структура диссертации: диссертация состоит из введения, трех глав, общих выводов и рекомендаций, библиографии из 256 источников, аннотаций (на румынском, английском и русском языках), ключевых слов и списка сокращений. Основной текст изложен на 147 страницах, содержит 23 рисунка, 28 таблиц и 20 приложений. Полученные результаты опубликованы в 13 научных работах.

Ключевые слова: компетенции непрерывного обучения, концептуальные вопросы, обучение естественным наукам на основе исследования, компоненты научного знания, педагогическая модель формирования компетенций непрерывного обучения.

Цель исследования заключается в теоретическом обосновании, анализе когнитивных механизмов и экспериментальной проверке формирования компетенций непрерывного обучения в процессе преподавания физики.

Задачи исследования: 1) анализ концептуальных и эпистемологических основ компетенций непрерывного обучения и их статуса в преподавании физики; 2) выявление роли больших научных идей и концептуальных вопросов в структурировании обучения через понимание и формировании учебных компетенций; 3) объяснение механизмов формирования компетенций обучения на протяжении всей жизни; 4) экспериментальное исследование влияния метода взаимного обучения на концептуальное понимание, метакогниции на отношение к физике и академическую успешность учащихся; 5) разработка и обоснование педагогической модели формирования компетенций непрерывного обучения в преподавании физики.

Научная новизна и оригинальность заключаются в: соотношении концептуальной основы компетенций непрерывного обучения с когнитивными механизмами обучения; рассмотрении больших научных идей и концептуальных вопросов как определяющих элементов понимания физики; анализе общего конструкта научного знания; исследовании влияния взаимного обучения на триаду знаний и академическую успешность учащихся; интеграции когнитивных процессов и дидактической методологии в единую педагогическую модель формирования компетенций непрерывного обучения при преподавании физики.

Полученный результат позволяет решить проблему уточнения дидактических механизмов, посредством которых компетенции непрерывного обучения могут систематически формироваться в процессе преподавания физики.

Теоретическая значимость исследования состоит в определении концептуальных основ компетенций непрерывного обучения как трансверсальной образовательной цели преподавания физики, объяснении взаимосвязей между большими научными идеями, компонентами научного знания и когнитивными механизмами обучения, а также в эмпирической проверке взаимосвязей между концептуальным пониманием, метакогницией, отношением к физике и академической успешностью, интегрированных в объяснительную педагогическую модель.

Практическая ценность работы заключается в предоставлении операционной педагогической основы для формирования компетенций непрерывного обучения в преподавании физики.

Внедрение научных результатов было осуществлено в рамках педагогического эксперимента, проведенного в Теоретическом лицее имени М. Эминеску муниципия Унгень, на республиканских методических семинарах учителей физики, а также на национальных и международных конференциях.

LISTA TABELELOR

Tabelul 1.1.	Competențele - cheie conform OCDE.....	33
Tabelul 1.2.	Alinierea între competențe-cheie, abilități și metode didactice.....	50
Tabelul 1.3.	Unități de învățare la tema „Forța – mărime fizică vectorială”.....	52
Tabelul 2.1.	Proiecte ISMC la tema „Interacțiuni prin câmpuri”.....	62
Tabelul 2.2.	Exemplu de colectare a datelor măsurătorilor la tema ”Lucrul mecanic”.....	73
Tabelul 2.3.	Scenariu de dezvoltare a gândirii critice în cadrul activității experimentale	74
Tabelul 2.4.	Scenariu de dezvoltare a gândirii critice în cadrul Proiectului tehnologic	75
Tabelul 2.5.	Mărimea efectului pentru diferite metode didactice.....	76
Tabelul 2.6.	Strategiile componente ale conceptului Sinergiei Didactice și efectele lor observate.....	79
Tabelul 2.7.	Structura lecției organizată conform conceptului sinergiei didactice.....	81
Tabelul 2.8.	Rezultatele evaluărilor formative la capitolul Interacțiuni prin câmpuri.....	87
Tabelul 2.9.	Clasificarea itemilor după tipul de cunoștințe și rezultatele evaluării sumative.....	89
Tabelul 2.10.	Niveluri ale cunoașterii științifice la fizică.....	94
Tabelul 2.11.	Rolul profesorului în formarea componentelor cunoașterii teoretice.....	95
Tabelul 2.12.	Rolul profesorului în formarea componentelor cunoașterii axiologice.....	96
Tabelul 2.13.	Instrumente de evaluare a nivelului metacogniției elevilor la fizică.....	97
Tabelul 2.14.	Rolul profesorului în cultivarea metacogniției.....	98
Tabelul 2.15.	Statistica descriptivă pentru metacogniție, atitudine și succesul academic	103
Tabelul 2.16.	Corelarea între metacogniție, atitudine și succesul academic.....	104
Tabelul 2.17	Analiza regresiei liniare.....	106
Tabelul 3.1	Structura unei secvențe de lecție în cadrul metodei Instruirii Mutuale.....	115
Tabelul 3.2	Statistica descriptivă pentru metacogniție, atitudine și succes academic.....	116
Tabelul 3.3	Testul T pentru eșantioane pereche.....	118
Tabelul 3.4.	Statistici descriptive pentru componentele Competenței Științifice.....	119
Tabelul 3.5.	Statistici de fidelitate pentru componentele Competenței Științifice.....	120
Tabelul 3.6.	Statistica descriptivă pentru rezultatele evaluării sumative în grupurile experimental și de control.....	135
Tabelul 3.7.	Corelațiile Pearson și Spearman între notele finale și cunoștințele	

	declarative, condiționale, și procedurale ale elevilor din grupurile experimental și de control	138
Tabelul 3.8	Compararea rezultatelor pre– și post – test și mărimea efectului în grupurile experimental și de control la Electrocinetică	139

LISTA FIGURILOR

Fig. 1.1. Structura CIPV	51
Fig. 2.1 Întrebare conceptuală la inducția electromagnetică.....	67
Fig. 2.2 Răspunsul la întrebarea conceptuală legată de inducția electromagnetică	68
Fig. 2.3 Întrebare conceptuală la forța Ampère	68
Fig. 2.4 Răspunsul la întrebarea conceptuală legată de forța Ampère	68
Fig. 2.5 Întrebare conceptuală la forța Lorentz.....	69
Fig. 2.6 Răspunsul la întrebarea conceptuală legată de forța Lorentz	69
Fig. 2.7 Exemplu de semnal de reper la tema ”Câmpul magnetic”	70
Fig. 2.8 Simulare vascak.cz la tema ”Lucrul mecanic”	73
Fig. 2.9 Compararea rezultatelor evaluărilor formative și sumative.....	90
Fig. 2.10 Organizarea nivelurilor de cunoștințe la fizică.....	95
Fig. 2.11 Corelarea între componentele cunoașterii axiologice.....	96
Fig. 2.12 Componentele de bază ale cunoașterii.....	97
Fig. 2.13 Distribuția elevilor după nivelul de metacogniție.....	103
Fig. 2.14 Distribuția elevilor după nivelul atitudinii.....	103
Fig. 2.15 Distribuția elevilor după rezultatele evaluării.....	104
Fig. 2.16 Corelația între metacogniție și succesul academic.....	105
Fig. 2.17 Corelația între atitudine și rezultatele evaluării.....	105
Fig. 2.18 Corelația între atitudine și metacogniție.....	106
Fig. 3.1 Rezultatele la pre-test și post-test pentru metacogniție, atitudine și succes academic.....	117
Fig. 3.2 Natura non-Gaussiană a curbelor de distribuție pentru metacogniție, atitudine și succes academic. (<i>maro – pre-test; verde – post-test</i>).....	118
Fig. 3.3 Estimarea densității notelor post-test în grupul experimental ($n = 57$).....	136
Fig. 3.4 Estimarea densității notelor post-test în grupul de control ($n = 53$).....	136

LISTA ABREVIERILOR

AIC – Abilități de a interacționa cu cunoașterea

CIPV – Competențe de învățare pe tot parcursul vieții

IM – Învățarea mutuală

ISM – Idei științifice mari

ISMC – Învățarea științelor prin metoda cercetării

IPI – Învățarea prin înțelegere

ME – Mărimea efectului

OCDE – Organizația pentru Cooperare și Dezvoltare Economică

PIV – Predarea și învățarea vizibilă

STEM – Științe, Tehnologie, Inginerie și Matematică

UNESCO – Organizația Națiunilor Unite pentru Educație, Știință și Cultură

LISTA ANEXELOR

Anexa 1.	Competențe-cheie pentru învățarea pe tot parcursul vieții. Cadrul european de referință	184
Anexa 2.	Competențele – cheie pentru o viață de succes și o societate funcțională conform OCDE	185
Anexa 3.	Competențele – cheie conform Codului educației al Republicii Moldova din 2014. Modificat la 06-03-2026	186
Anexa 4	Componentele alfabetizării științifice conform OCDE	187
Anexa 5.	Standarde de competență, MECC2010. Aria curriculară Matematică și Științe. Disciplina de studiu Fizică	188
Anexa 6.	Competențe specifice disciplinei Fizică pentru nivelul gimnazial și liceal	190
Anexa 7	Competențele științifice conform National Research Council (NRC) SUA	191
Anexa 8.	Mărimea efectului pentru factori ce influențează învățarea. După Teoria Învățării Vizibile	192
Anexa 9.	Proiect didactic ISMC la tema „Câmpul magnetic”	195
Anexa 10.	Rezultatele evaluării formative cu ajutorul sistemului de evaluare digitală Turning Point	201
Anexa 11.a.	Test de evaluare formativă digitalizată la tema Legea atracției universale, capitolul Interacțiuni prin câmpuri, cursul de fizică, clasa a IX-a	202
Anexa 11.b.	Rezultatele evaluării formative la tema Legea atracției universale din capitolul Interacțiuni prin câmpuri, cursul de fizică, clasa a IX-a	203
Anexa 12.a.	Evaluare formativă digitalizată la tema „Sistemul Solar” din capitolul ”Interacțiuni prin câmpuri”, fizica, clasa a IX-a	204
Anexa 12.b.	Rezultate evaluare formativă la tema „Sistemul Solar” din capitolul ”Interacțiuni prin câmpuri”, fizica, clasa a IX-a	205
Anexa 13.a.	Evaluare formativă digitalizată la tema „Interacțiunea electrostatică. Legea lui Coulomb” din capitolul „Interacțiuni prin câmpuri”, fizica, clasa a IX-a	206
Anexa 13.b.	Rezultate evaluare formativă la tema „Interacțiunea electrostatică. Legea lui Coulomb” din capitolul „Interacțiuni prin câmpuri”, fizica, clasa a IX-a	207
Anexa 14.a.	Evaluare formativă digitalizată la tema „Câmpul electrostatic” din capitolul „Interacțiuni prin câmpuri”, fizica, clasa a IX-a	208

Anexa 14.b.	Rezultate evaluare formativă la tema „Câmpul electrostatic” din capitolul „Interacțiuni prin câmpuri”, fizica, clasa a IX-a	209
Anexa 15.a.	Evaluare formativă digitalizată la tema „Câmpul magnetic. Interacțiunea dintre conductoarele paralele parcurse de curent electric” din capitolul „Interacțiuni prin câmpuri”, fizica, clasa a IX-a	210
Anexa 15.b.	Rezultate evaluare formativă la tema „Câmpul magnetic. Interacțiunea dintre conductoarele paralele parcurse de curent electric” din capitolul „Interacțiuni prin câmpuri”, fizica, clasa a IX-a	211
Anexa 16.	Test de evaluare sumativă digitalizată la capitolul „Interacțiuni prin câmpuri”, cursul de fizică, clasa a IX-a	212
Anexa 17.	Chestionar componentele cunoașterii.	214
Anexa 18.	Chestionar de evaluare a nivelului competențelor de învățare pe tot parcursul vieții	219
Anexa 19.	Proiect didactic al lecției integrat cu Modelul Pedagogic 4-DIM de dezvoltare a CIPV	223
Anexa 20.	Matricea corelării acțiunilor profesorului și ale elevilor în cadrul Modelului 4-Dimensional (4DPM) de dezvoltare a CIPV	231

INTRODUCERE

Actualitatea și importanța cercetării

Transformarea rapidă a cunoașterii și extinderea rolului acesteia în organizarea vieții sociale cheamă educația să formeze indivizi capabili nu doar să acumuleze informații, ci să le înțeleagă, să le organizeze și să le utilizeze în contexte variabile. Această orientare este reflectată în documentele de politici educaționale din Republica Moldova care plasează dezvoltarea elevului în termenii formării competențelor și ai afirmării personalității, atât prin prevederile Codului educației, care vizează „formarea unei personalități libere și creative prin asigurarea dezvoltării competențelor elevilor” [61], cât și prin Curriculumul la disciplina Fizică, care reprezintă un document reglator, accentul fiind pus pe sistemul de competențe ca nou cadru de referință al finalităților educaționale [12; 110]. În aceste condiții, educația capătă o funcție preponderent cognitivă, orientată spre operarea cu cunoașterea și spre structurarea înțelegerii, nu doar spre transmiterea de conținuturi. Din această perspectivă, alfabetizarea științifică devine o componentă esențială a formării elevului, întrucât susține construirea unei concepții coerente despre lume și dezvoltarea unei raportări critice față de cunoaștere.

În această logică, obiectivul educației devine formarea elevului în vederea asigurării parcursului profesional și a dezvoltării personale continue prin dezvoltarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții. Aceste competențe sunt indisolubil legate de competențele științifice și de atitudinea față de cunoaștere, ambele fiind formate în cadrul lecției de fizică.

Fizica, prin natura sa de disciplină orientată spre explicarea fenomenelor și construirea relațiilor dintre acestea, are un rol specific în formarea gândirii științifice. Astfel, fizica oferă un cadru relevant pentru dezvoltarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții, întrucât solicită elevului să coreleze concepte, modele și situații reale într-un mod coerent.

Această orientare aduce în prim-plan necesitatea analizei modului în care competențele de învățare pot fi formate efectiv în cadrul lecției de fizică, prin organizarea activităților de învățare și prin raportarea elevului la cunoaștere. Trecerea de la nivelul finalităților curriculare la nivelul demersului didactic presupune identificarea unor forme de structurare a învățării care să susțină dezvoltarea acestor competențe în mod explicit. Cercetarea se orientează astfel spre explorarea modului în care conținuturile, metodele și situațiile de învățare pot fi articulate într-un cadru coerent, capabil să susțină formarea competențelor de învățare în predarea fizicii.

În acest sens, competențele de învățare pe tot parcursul vieții se conturează ca un construct transversal al educației contemporane, prezent în cadrele de referință europene și în documentele curriculare naționale. Cu toate acestea, analiza literaturii de specialitate evidențiază caracterul lor

deschis, determinat de diversitatea perspectivelor teoretice și de specificul contextelor educaționale în care sunt abordate. În consecință, statutul acestora nu se reduce la o definiție stabilă, ci implică o înțelegere dinamică, dependentă de modul în care sunt conceptualizate și integrate în practica educațională.

Competențele de învățare pe tot parcursul vieții au devenit un reper inevitabil al educației de azi, tocmai pentru că nu mai pot fi încadrate într-o schemă rigidă. Ele se definesc prin deschidere și adaptabilitate, fiind modelate de contextul cultural, de disciplina de studiu și de nevoile reale ale elevilor. Această mobilitate conceptuală le face indispensabile într-o epocă în care schimbarea este regula, nu excepția. În loc să fie privite ca un set fix de abilități, ele funcționează ca un cadru viu, capabil să susțină autonomia intelectuală și raportarea critică la cunoaștere. În predarea fizicii, această perspectivă nu doar legitimează demersul didactic, ci îl obligă să se orienteze spre formarea unei gândiri reflexive și transferabile, pregătind elevul pentru un parcurs educațional și profesional sustenabil.

Nevoia de a regândi modul în care se predă fizica este astăzi mai evidentă ca oricând. Elevii nu mai pot fi formați prin acumularea liniară de informații, ci prin experiențe de învățare care îi implică direct și le solicită gândirea. Strategiile constructiviste răspund acestei realități: ele pun accent pe participarea activă, pe dialog și pe experiment, transformând lecția într-un proces de explorare și reflecție. Actualitatea lor se vede în faptul că fizica, prin natura ei, cere înțelegere și aplicare, nu doar memorare. Integrarea acestor strategii devine astfel o necesitate, pentru că doar prin ele competențele de învățare pe tot parcursul vieții pot fi cultivate în mod real, iar elevii pot dobândi autonomie și capacitatea de a transfera cunoștințele în situații noi.

Integrarea strategiilor constructiviste în predarea fizicii își găsește forța atunci când lecția se organizează în jurul unor repere conceptuale clare, cum ar fi ideile științifice mari, care oferă tocmai această structură: ele dau coerență învățării și transformă acumularea de noțiuni într-un proces de înțelegere. Actualitatea lor se vede în cerințele evaluărilor internaționale, precum PISA, unde accentul cade pe capacitatea elevilor de a transfera concepte și de a le aplica în situații noi. În lipsa acestor repere, cunoașterea rămâne fragmentată și greu de utilizat. Dar dacă lecția de fizică este construită în jurul câtorva idei fundamentale, atunci devine un spațiu de formare a gândirii reflexive și critice, iar elevii dobândesc instrumente reale pentru a opera cu știința în contexte variate.

Formarea competențelor de învățare nu se reduce la metode sau conținuturi, ci depinde de modul în care elevii își construiesc raportarea la cunoaștere și își reglează propriul proces de învățare. Astfel, dimensiunea axiologică influențează direct implicarea și perseverența, iar dimensiunea metacognitivă determină calitatea parcursului academic al elevului și face diferența

între memorare superficială și înțelegere profundă. În lecția de fizică, aceste două dimensiuni se intersectează vizibil: elevii care își cultivă interesul pentru știință și își monitorizează gândirea reușesc să transfere conceptele în contexte noi și să obțină performanțe mai consistente. Acest fapt evidențiază necesitatea validării empirice a corelației dintre dimensiunile cognitivă, metacognitivă și axiologică ale cunoașterii, confirmând că progresul educațional nu poate fi înțeles pe deplin fără integrarea acestor perspective.

Integrarea dimensiunilor cognitivă, metacognitivă și axiologică răspunde necesităților exprimate în Concepția disciplinei școlare Fizică. Astronomie [173] de a depăși abordările fragmentare și de a construi un model educațional capabil să lege înțelegerea conceptuală de atitudinea față de cunoaștere și de capacitatea de autoreglare a învățării. Printr-o astfel de articulare și corelare între dimensiunile cunoașterii se poate asigura dezvoltarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții, iar educația își confirmă relevanța pentru parcursul profesional și personal al elevilor. Lecția de fizică devine astfel un laborator de formare integrată, unde competențele de învățare pe tot parcursul vieții se conturează ca rezultat vizibil și necesar.

Astfel, formarea în cadrul lecției de fizică a competențelor de învățare pe tot parcursul vieții este determinată de modul în care este structurată cunoașterea și de mecanismele didactice prin care aceasta este organizată și pusă în lucru.

Descrierea situației în domeniul de cercetare și identificarea problemei

Baza teoretică a cercetării este formată din contribuții internaționale de referință dedicate învățării și formării competențelor, începând cu [87] – educația permanentă, [73] – învățarea pe tot parcursul vieții, [191] – competențe în situații complexe și [147] – competența ca mobilizare de resurse, și continuând cu [120] – învățarea vizibilă, [177] – învățarea prin cercetare, [118] – ideile științifice mari, [163] – peer instruction și întrebări conceptuale, [30] – modelul 5E, [196] – învățarea prin problematizare, [243] – scaffolding, [4] – simulările ca instrumente cognitive, [79] – experimentele hands-on, precum și [184] – competențele-cheie și cadrul DeSeCo.

De asemenea, cercetarea este susținută și de contribuții teoretice relevante din spațiul românesc, orientate prioritar spre mecanismele învățării și organizarea competențelor: [58] – învățarea prin cercetare și [13] – competența de investigare, [7] – dimensiunea axiologică a învățării și [33] – mecanismele dezvoltării competențelor de învățare pe tot parcursul vieții, [20] – competența interdisciplinară și competența științifică, [88] – caracterul transversal al competenței, [109] – competențele în curriculum, [113] – competențele-cheie, [213] – competențe transferabile, [105] – implementarea competențelor în sistemul educațional.

În același context, analiza tezelor de doctorat evidențiază o diversitate a abordărilor competențiale, de la nivelul proiectării curriculare la cel al intervenției didactice. Astfel, teza Țîbuleac [227] plasează competențele-cheie în centrul reconstrucției planului-cadru, în timp ce Popovici [193] și Bulat-Guzun [28] valorifică mediile digitale și tehnologiile cloud în formarea competențelor. În plan aplicativ, Grădinari [104] abordează competența informațională în contexte profesionale, iar Orehovschi [186] dezvoltă competența de a învăța să înveți prin activități independente extra muros și demersuri integratoare. La nivelul practicilor didactice, Gheorghe [96] fundamentează formarea competenței metacognitive prin comunicare didactică, iar Gavriluț [95] și Midrigan [169] explorează dezvoltarea competențelor lectorale și textuale prin activități de interpretare și scriere. Astfel, deși aceste cercetări contribuie la aprofundarea conceptului de competențe la nivel curricular, metodologic și aplicativ, se conturează necesitatea unei abordări explicite a proceselor interne prin care competențele se formează în învățare, precum și a corelării acestora cu structura cunoașterii și cu specificul disciplinar al conținuturilor.

Se conturează astfel o zonă de cercetare care să vizeze explicarea mecanismelor de formare a competențelor. În predarea fizicii, această zonă presupune corelarea structurii cunoașterii cu demersul didactic și cu rezultatele învățării. În acest sens, devine necesară o abordare integratoare care să explice relația dintre componentele cunoașterii, strategii didactice și progresul elevilor.

În condițiile unei societăți definite de dinamica accelerată a cunoașterii și de impredictibilitatea traseelor profesionale, educația nu mai poate fi concepută ca transmitere de conținuturi stabile, ci ca formare a capacității de a învăța, de a reconfigura și de a utiliza cunoașterea în contexte variabile. În acest cadru, competențele capătă statutul de structuri funcționale ale cunoașterii, iar competențele de învățare pe tot parcursul vieții devin nucleul organizator al formării, întrucât permit continuitatea dezvoltării cognitive dincolo de situațiile școlare. Această perspectivă presupune articularea componentelor cunoașterii (declarativă, procedurală și condițională) deoarece învățarea nu se reduce la acumulare, ci implică utilizare, reflecție și poziționare critică față de informație, cu atât mai necesare într-un context marcat de proliferarea formelor de pseudo-cunoaștere. În predarea fizicii, aceste exigențe se concretizează prin necesitatea construirii unei înțelegeri conceptuale profunde, capabile să susțină atât transferul cunoașterii, cât și dezvoltarea unei atitudini epistemice riguroase. Organizarea conținuturilor în jurul ideilor științifice mari oferă cadrul de coerență internă al cunoașterii, facilitând integrarea conceptelor și formarea unui tablou explicativ al lumii, în timp ce utilizarea sistematică a întrebărilor conceptuale activează procesele de schimbare conceptuală și susține restructurarea reprezentărilor inițiale ale elevilor. În consecință, devine necesară integrarea acestor cadre teoretice în practica didactică a predării fizicii, nu ca intervenții punctuale, ci ca principii directoare

ale procesului de învățare, orientate spre susținerea formării la lecția de fizică a competențelor de învățare pe tot parcursul vieții.

La nivelul practicii didactice se constată o discontinuitate epistemică între statutul cunoașterii ca sistem conceptual coerent și modul de organizare a învățării, în care conținuturile, strategiile didactice și evaluarea funcționează adesea ca planuri relativ autonome. Deși curriculumul și literatura de specialitate promovează orientarea spre competențe și învățare prin înțelegere, în practica didactică persistă o reducere a cunoașterii la forme declarative și algoritmice, ceea ce conduce la o funcționare fragmentară a cunoașterii. În aceste condiții, conceptele nu se constituie în structuri explicative stabile, iar utilizarea lor rămâne dependentă de contexte familiare, fără transfer autentic. Totodată, deși competențele de învățare pe tot parcursul vieții sunt asumate ca finalitate educațională, mecanismele didactice concrete prin care acestea pot fi formate sistematic în cadrul disciplinei fizica rămân insuficient clarificate. Astfel, problema nu ține de absența cadrului teoretic, ci de lipsa unor mecanisme didactice de formare a competențelor de învățare pe tot parcursul vieții capabile să susțină reorganizarea și autoreglarea cunoașterii în procesul de învățare.

Din această perspectivă, demersul cercetării este orientat spre clarificarea modului în care aceste mecanisme pot fi fundamentate și operaționalizate în predarea fizicii, ceea ce conduce la formularea unor întrebări precum:

- În ce măsură competențele de învățare sunt rezultatul unor mecanisme didactice explicit construite și nu doar consecințe implicite ale activității de predare?
- Cum se articulează structura cunoașterii cu strategiile didactice astfel încât să susțină înțelegerea conceptuală și transferul?
- În ce condiții organizarea conținuturilor în jurul ideilor științifice mari generează coerență conceptuală și progres cognitiv?
- Care este rolul interacțiunilor didactice, al feedback-ului și al întrebărilor conceptuale în restructurarea reprezentărilor elevilor?
- În ce măsură strategiile utilizate la lecția de fizică susțin simultan dimensiunea cognitivă, metacognitivă și axiologică a învățării?
- Cum poate fi depășită fragmentarea dintre conținuturi, metode și evaluare printr-o integrare coerentă a demersului didactic?
- În ce condiții competențele de învățare devin operaționale la nivelul lecției și nu rămân doar finalități formulate la nivel curricular?

Aceste întrebări nu vizează doar o clarificare teoretică, dar reflectă o nevoie reală de a înțelege cum poate fi sprijinit elevul să învețe efectiv fizica, să-și formeze înțelegere conceptuală și competențe de învățare pe tot parcursul vieții. Se conturează astfel necesitatea unei abordări în care învățarea să fie organizată în jurul înțelegerii, al reflecției și al implicării active, astfel încât competențele de învățare să nu rămână un obiectiv declarat, ci să devină o experiență reală a elevului la lecția de fizică. În această perspectivă, cercetarea urmărește să aducă o clarificare a modului în care predarea fizicii poate susține dezvoltarea capacității de a învăța, ca dimensiune esențială a formării elevului.

Obiectul cercetării îl constituie procesul didactic de formare a competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în cadrul lecției de fizică, analizat prin prisma structurii triadice a cunoașterii și a strategiilor didactice integrate orientate spre înțelegere conceptuală și reflecție metacognitivă.

Scopul cercetării constă în analiza structurii interne și a mecanismelor de formare a competențelor de învățare pe tot parcursul vieții, precum și în operaționalizarea acestora la lecția de fizică, prin valorificarea învățării prin cercetare și a strategiilor didactice orientate spre înțelegere, în cadrul unui model didactic cu caracter integrator, validat experimental.

Din această perspectivă se desprind următoarele **obiective ale cercetării**:

1. Clarificarea cadrului conceptual al competențelor de învățare pe tot parcursul vieții și a statutului acestora ca finalitate transversală a educației, în raport cu specificul predării fizicii;
2. Evidențierea rolului ideilor științifice mari și al întrebărilor conceptuale în structurarea învățării prin înțelegere și în formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții;;
3. Explicarea mecanismelor didactice și cognitive implicate în formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în cadrul disciplinei fizică;
4. Investigarea experimentală a impactului instruirii mutuale asupra înțelegerii conceptuale, metacogniției, atitudinii față de fizică și succesului academic al elevilor;
5. Integrarea progresului cognitiv al elevului, a metodologiei didactice, a dezvoltării competențelor de învățare și a complexității disciplinare a conținuturilor într-o structură multidimensională care descrie și susține formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în cadrul disciplinei fizică.

Ipoteza cercetării

Formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții la lecția de fizică este determinată de structurarea intenționată a procesului didactic în raport cu componentele cunoașterii și de integrarea coerentă a strategiilor de predare, evaluare și feedback. Utilizarea combinată a învățării prin cercetare, a ideilor științifice mari și a instruirii mutuale conduce la dezvoltarea înțelegerii conceptuale, a metacogniției și a atitudinilor față de învățare, generând progres cognitiv și formarea competențelor transferabile. Eficiența învățării depinde de activarea integrată a dimensiunilor cognitive, axiologice și metacognitive ale cunoașterii, susținută printr-un demers didactic sinergic orientat spre înțelegere.

Reperete epistemologice ale cercetării sunt structurate în cadre de interpretare, instrumente de analiză și modele operaționale ale intervenției, utilizate în investigarea și explicarea procesului de formare a competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în predarea fizicii, după cum urmează:

Cadre de interpretare

- *Constructivismul*, care fundamentează formarea cunoașterii prin activitatea cognitivă a elevului și prin interacțiunea cu situațiile de învățare;
- *Abordarea competențială*, care integrează cunoștințele, abilitățile și atitudinile în contexte de aplicare și fundamentează formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții;
- *Teoria învățării vizibile*, care fundamentează raportarea strategiilor didactice la impactul acestora asupra învățării și utilizarea feedbackului în reglarea procesului didactic;
- *Modelele metacognitive ale învățării*, valorificate prin analiza autoreglării și a reflecției elevilor asupra propriului proces de învățare.

Instrumente de analiză

- *Modelul triadic al cunoașterii*, care distinge între cunoașterea declarativă, procedurală și condițională și este utilizat pentru analiza și evaluarea procesului de învățare.

Modele operaționale ale intervenției

- *Învățarea științelor prin metoda cercetării*, care fundamentează organizarea demersului didactic în jurul investigării, formulării de ipoteze, analizei datelor și formulării concluziilor;
- *Organizarea conținuturilor în jurul ideilor științifice mari*, utilizată ca principiu de structurare a învățării și de facilitare a transferului cunoașterii în predarea fizicii;
- *Modelul instruirii mutuale (Peer Instruction)*, care fundamentează utilizarea întrebărilor conceptuale în activarea gândirii și în discutarea răspunsurilor între elevi.

Metodologia cercetării constă dintr-un set de metode structurate pe planuri diferite: metode teoretice – documentarea științifică, analiza și sinteza, generalizarea și sistematizarea, modelarea conceptuală; metode interpretative – corelarea conceptelor și interpretarea rezultatelor; metode praxiologice, sociologice și statistice – experimentul pedagogic, observarea, testarea inițială și finală, chestionarea și analiza statistică a datelor.

Eșantionul cercetării a inclus:

- 110 elevi din patru clase a VIII-a din Liceul Teoretic „M. Eminescu” din municipiul Ungheni, organizați în grup experimental (VIII-A și VIII-D, $n = 57$), în care au fost aplicate întrebările conceptuale, și grup de control (VIII-B și VIII-C, $n = 53$), în care predarea s-a realizat fără utilizarea acestora;
- 110 elevi de clasa a VII-a din aceeași instituție, care au realizat testări inițiale și finale și au completat chestionarul privind metacogniția și atitudinea;
- 44 elevi de clasa a VII-a din gimnaziile „Vasile Badiu” din satul Măgurele și „Anatol Popovici” din satul Boghenii Noi, pentru care a fost evaluat nivelul înțelegerii conceptelor de bază, respectiv al ideilor științifice mari, după primul an de studiere a fizicii;
- 12 elevi de clasa a IX-a din gimnaziul „Vasile Badiu” din satul Măgurele, la care a fost testată influența aplicării sistematice a ideilor științifice mari asupra înțelegerii conceptuale și a dezvoltării competențelor de învățare pe tot parcursul vieții.

Pentru verificarea ipotezei cercetării a fost realizat un experiment pedagogic formativ în cadrul lecțiilor de fizică, bazat pe aplicarea diferențiată a strategiilor didactice. Intervenția a urmărit integrarea întrebărilor conceptuale, a instruirii mutuale și a ideilor științifice mari în procesul de predare, în raport cu structura cunoașterii și dezvoltarea competențelor. Rezultatele au fost analizate prin compararea performanțelor și a evoluției reușitei academice a elevilor, pentru evidențierea efectelor intervenției asupra înțelegerii conceptuale și a componentelor metacognitive și atitudinale ale învățării.

Noutatea științifică a cercetării constă în:

- Explicarea formării competențelor de învățare pe tot parcursul vieții prin raportarea acestora la structura cunoașterii, depășind abordările descriptive și evidențiind mecanismele cognitive care susțin învățarea în predarea fizicii.

- Demonstrarea rolului diferențiat al componentelor cunoașterii, în special importanța cunoașterii condiționale și interdependența dimensiunilor cognitive, axiologice și metacognitive în progresul elevilor.
- Evidențierea funcției ideilor științifice mari ca nucleu de organizare a învățării și rolul întrebărilor conceptuale și al instruirii mutuale în activarea, reglarea și consolidarea înțelegerii.
- Formularea conceptului de sinergie didactică, bazat pe integrarea funcțională a strategiilor de predare, evaluare și feedback și orientat spre activare cognitivă și autoreglarea învățării.
- Elaborarea pe baza rezultatelor teoretice și empirice a modelului pedagogic structurat pe patru dimensiuni, fiecare dezvoltându-se etapizat, care integrează progresul cognitiv, metodologia didactică, formarea competențelor și specificul disciplinar al fizicii.

Importanța teoretică a cercetării rezultă din aprofundarea și articularea conceptuală a formării competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în predarea fizicii, prin raportarea acestora la structura cunoașterii și la mecanismele didactice care susțin învățarea prin cercetare. Într-o perspectivă integrată au fost analizate următoarele concepte-cheie:

- *Competențele de învățare pe tot parcursul vieții* – capacitatea elevului de a învăța autonom, de a aplica cunoștințele în contexte noi și de a reflecta asupra propriului proces de învățare în cadrul lecției de fizică;
- *Structura triadică a cunoașterii* – organizarea învățării în cunoștințe teoretice, procedurale și condiționale, corelate cu dimensiuni axiologice și metacognitive, care susțin înțelegerea și aplicarea conceptelor;
- *Învățarea prin cercetare* – demers didactic orientat spre investigare, formulare de ipoteze și interpretare a rezultatelor, prin care elevul construiește activ înțelegerea fenomenelor fizice;
- *Ideile științifice mari* – concepte fundamentale care structurează conținuturile de fizică și organizează învățarea în jurul înțelegerii și transferului;
- *Întrebările conceptuale* – instrumente didactice utilizate pentru activarea gândirii, verificarea înțelegerii și reglarea procesului de învățare;
- *Sinergia didactică* – integrarea funcțională a strategiilor de predare, evaluare și feedback într-un demers coerent orientat spre formarea competențelor;
- *Modelul pedagogic 4D* – cadru didactic integrator care articulează progresul cognitiv, metodologia didactică, dezvoltarea competențelor și complexitatea conținuturilor de fizică.

Valoarea aplicativă a lucrării constă în oferirea unui cadru operațional pentru proiectarea și realizarea lecțiilor de fizică orientate spre formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții, prin utilizarea întrebărilor conceptuale, a instruirii mutuale și a organizării conținuturilor în jurul ideilor științifice mari. Acest cadru este susținut de modelul pedagogic 4D și oferă repere concrete pentru integrarea învățării prin cercetare, a reflecției metacognitive și a evaluării formative în activitatea didactică.

Validarea rezultatelor cercetării: prezentări la conferințe și seminare specialitate

Publicații la tema tezei: 13 articole, din care 2 articole în reviste științifice internaționale, 3 articole în reviste naționale și 8 articole în culegeri conferințe naționale și internaționale.

Volumul și structura tezei Teza conține: introducere, trei capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografie, 20 anexe, 28 de tabele și 23 de figuri, 150 de pagini text de bază.

Sumarul compartimentelor tezei

Teza este alcătuită din Introducere, 3 capitole divizate în subcapitole, Concluzii generale și recomandări și Bibliografie. În Introducere este argumentată actualitatea și importanța temei de cercetare. Este descrisă situația în domeniul de cercetare și sunt identificate problema, scopul, obiectivele, noutatea cercetării. Introducerea conține o trecere în revistă a reperelor epistemologice și a metodelor de cercetare realizate pe parcursul elaborării tezei.

Capitolul 1, „Aspecte teoretico-didactice privind necesitatea formării competențelor de învățare pe tot parcursul vieții”, fundamentează conceptual noțiunea de competență, prin analiza evoluției și a diversității definițiilor din literatura de specialitate și din documentele educaționale. În acest context, sunt examinate competențele cheie în documente internaționale și naționale și sunt analizate competențele de învățare pe tot parcursul vieții, prin prisma structurii și funcțiilor lor. Capitolul abordează, de asemenea, competențele științifice în raport cu educația școlară și evidențiază relația dintre competențe și strategiile didactice. În continuare, este configurată structura competențelor, iar în final este argumentată învățarea prin cercetare, organizată în jurul ideilor științifice mari, ca paradigmă a formării competențelor în fizică.

Capitolul 2, „Bazele metodologice de formare a competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în cadrul lecției de fizică în gimnaziu”, dezvoltă cadrul metodologic al cercetării prin raportarea formării competențelor la specificul lecției de fizică. Sunt analizate premisele conceptuale ale formării competențelor prin metoda cercetării și este realizată corelarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții cu competențele specifice fizicii ca disciplină școlară. În continuare, sunt examinate strategiile didactice pentru dezvoltarea competențelor la lecția de fizică și sunt analizate abordări educaționale integrate care susțin înțelegerea conceptuală

și transferul cunoștințelor. Capitolul prezintă conceptul ideilor științifice mari și evidențiază aplicarea acestuia în dezvoltarea competențelor în cadrul lecției de fizică. În final, este analizat rolul componentelor cunoașterii, prin structurarea acestora în cunoștințe teoretice, axiologice și metacognitive și prin evidențierea relației dintre metacogniție, atitudine și cunoștințele teoretice în procesul de formare a competențelor.

Capitolul 3, „Modelul pedagogic de formare la lecția de fizică a competențelor de învățare pe tot parcursul vieții”, sintetizează rezultatele cercetării empirice prin investigarea relației dintre competențe și structura cunoașterii științifice. Este identificată și operaționalizată structura triadică a cunoașterii (declarativă, procedurală și condițională), utilizată ca fundament pentru analiza și evaluarea intervenției didactice. Sunt examinate efectele Instruirii Mutuale și ale întrebărilor conceptuale asupra acestor componente, fiind formulate întrebările de cercetare și analizată influența lor printr-un design experimental realizat la studiul Electrocineticii. Rezultatele evidențiază rolul diferențiat al tipurilor de cunoaștere în performanța academică, importanța centrală a cunoașterii condiționale și impactul intervenției asupra metacogniției, atitudinii și rezultatelor școlare. Pe această bază, sunt formulate mecanismele didactice și cognitive ale formării competențelor și este elaborat modelul pedagogic 4D, a cărui aplicabilitate este demonstrată în proiectarea lecțiilor de fizică.

Concluziile generale și recomandările sintetizează rezultatele cercetării privind clarificarea conceptuală a competențelor de învățare pe tot parcursul vieții, mecanismele didactice de formare, rolul structurii cunoașterii și validarea empirică a intervențiilor și a modelului pedagogic propus. În vederea optimizării practicilor de predare orientate spre dezvoltarea competențelor, sunt formulate recomandări structurate pe niveluri ale sistemului educațional, de la politic și instituțional până la nivelul cadrului didactic.

1. ASPECTE TEORETICO – DIDACTICE PRIVIND NECESITATEA FORMĂRII COMPETENȚELOR DE ÎNVĂȚARE PE TOT PARCURSUL VIEȚII

1.1 Cadrul conceptual al competențelor în educație: competențe cheie, competențe de învățare pe tot parcursul vieții și competențe științifice

1.1.1. Originea și evoluția noțiunii de competență

Instruirea bazată pe competențe este un element central în dezvoltarea curriculumului școlar, sursele bibliografice consultate [62, 151, 216, 240], arată că acest termen nu este originar din domeniul științelor educației, ci provine din sfera afacerilor. Mai târziu conceptul de competență se transferă și în alte domenii: management, educație (anii 70-90 sec. XX) etc. [107] În contextul evoluției educației în secolul XXI, la nivel european a fost dezvoltat un nou model educațional, care se concentrează pe reorganizarea procesului educațional pe cele patru dimensiuni ale învățării permanente accentuate de Jacques Delors [73]:

- a învăța să cunoști (să știi)
- a învăța să faci
- a învăța să trăiești împreună cu ceilalți
- a învăța să fii; pentru a învăța să te transformi pe tine și să schimbi societatea.

Dezvoltarea rapidă și semnificativă a conceptului de competențe de învățare pe tot parcursul vieții (CIPV) în contextul recent al pedagogiei generează preocupări în rândul cercetătorilor. Definirea conceptului de competență prezintă provocări semnificative datorită naturii sale multilaterale și a interpretărilor variate în diferite contexte. Complexitatea provine din dimensiunile sale psihologice și sociologice, ducând la înțelegeri diverse care complică măsurarea empirică și aplicarea practică. Astfel, dificultatea definirii competenței provine și din incertitudinea sa epistemologică; competența se deduce din performanță fără a garanta succesul viitor în sarcini variate [133]. În plus, complexitatea și diversitatea aspectelor pe care le implică competența fac ca definițiile să fie adesea contradictorii și neclare, ceea ce complică eforturile de a stabili un consens privind utilizarea și aplicarea acestui concept în diferite domenii.

Totodată, pentru orice domeniu de activitate competența reprezintă condiția și indicator al performanței și eficienței.

Astfel, competențele constituie un set transferabil și versatil de cunoștințe, abilități, deprinderi, valori și atitudini care permit individului să-și atingă dezvoltarea profesională, să se integreze social și să găsească locul într-un domeniu specific. Competența se dezvoltă la intersecția sensurilor atribuite verbelor *a ști*, *a ști să faci*, *a ști să fii*, *a ști să conviețuiești* și *a ști să devii*, ceea

ce înseamnă că nu este doar rezultatul procesului educațional pe plan cognitiv, ci implică și aspecte afective și de atitudine.

Christophe Delory [74] oferă următoarea definiție a competenței: „Este un set integrat de cunoștințe, abilități și atitudini care permit individului să se adapteze, să rezolve probleme și să dezvolte proiecte în diverse situații”.

Potrivit lui Guy Le Boterf „competența nu se referă doar la resursele (cunoștințe, abilități, etc.) disponibile, ci la modul în care aceste resurse sunt utilizate. Competența înseamnă să știi cum să mobilizezi aceste resurse (*savoir-mobiliser*)”. Le Boterf adaugă că în context profesional, competența se caracterizează prin: abilitatea de a gestiona situații complexe; utilizarea eficientă a resurselor în diverse contexte; înțelegerea și reușita într-o acțiune; și abilitatea de a transfera cunoștințele [147]. Gérard Scallon, sintetizând diverse perspective teoretice, descrie competența prin următoarele trăsături: „calitatea globală a individului; integrarea personalizată a cunoștințelor, aptitudinilor și atitudinilor; un sistem de cunoștințe conceptuale și procedurale; starea individului; ansamblul de abilități integrate; și capacitatea de a acționa” [208].

Philippe Jonnaert și colaboratorii definesc competența ca fiind „combinarea unui set de resurse, coordonate între ele, care permit înțelegerea unei situații și oferirea unei reacții mai mult sau mai puțin adecvate” [131]. Astfel, pentru a manifesta competența, este necesar să mobilizăm și să combinăm cunoștințele și alte resurse într-un mod specific pentru a rezolva problemele și situațiile dificile.

În mod similar, Jean Leplat definește competența ca un „sistem de cunoștințe care permite unei persoane să abordeze activitatea necesară pentru a răspunde cerințelor unor sarcini într-o categorie de situații” [150]. Așadar, pentru acest autor, cunoștințele sunt esențiale, iar mobilizarea lor este crucială pentru îndeplinirea sarcinilor.

Pe de altă parte, Pascal Gillet oferă o definiție diferită a competenței: „Un sistem de cunoștințe *conceptuale* care implică înțelegerea teoretică a ideilor, principiilor și conceptelor dintr-un anumit domeniu și *procedurale* care se referă la „*savoir-faire*”, adică la abilitățile și tehnicile necesare pentru a aplica cunoștințele în situații practice. Aceste cunoștințe fiind structurate în scheme de acțiune care permit, în cadrul unei serii de situații, identificarea și rezolvarea eficientă a problemelor” [100]. Din această definiție, se subliniază importanța cunoștințelor teoretice în construcția termenului de competență. Fără cunoștințe, rezolvarea sarcinilor este dificilă și imprecisă; aplicarea acestor cunoștințe, care implică abilități, este ceea ce conduce la rezolvarea eficientă a problemelor.

În același context, pedagogul și cercetătorul rus, Александр Валентинович Хуторской descrie competența ca un ansamblu de trăsături necesare pentru a funcționa eficient într-un

domeniu specific cu un minim de experiență [255]. Potrivit lui Эдуард Федорович Зеер, competența nu se referă doar la acumularea unui anumit volum de cunoștințe, abilități și experiențe, ci la capacitatea de a le actualiza și aplica corect în realizarea responsabilităților profesionale [253]. În viziunea lui Виктор Васильевич Сериков, competența este o modalitate de a asigura cunoștințele și abilitățile necesare pentru autorealizarea personală [254].

Pierre Perrenoud definește competența ca fiind o combinație de cunoștințe, abilități și atitudini care permit persoanelor să abordeze situații complexe și să rezolve probleme în mod eficient [191]. Una dintre competențele fundamentale pe care le promovează este gândirea critică, esențială pentru evaluarea informațiilor și luarea deciziilor informate. Perrenoud subliniază necesitatea de a dezvolta abilități de învățare autonomă, care le permit elevilor să continue să învețe și să se adapteze pe parcursul vieții. Competențele sociale sunt la fel de importante, iar capacitatea de a colabora și de a comunica eficient este esențială în contextul muncii în echipă și al interacțiunilor sociale.

În cadrul evoluției conceptului de competență, Proiectul PISA realizat sub egida OCDE ocupă un loc distinct. Astfel, în contextul proiectului PISA, evaluarea urmărește măsura în care elevii pot utiliza cunoștințele și abilitățile dobândite pentru a face față unor situații din viața reală [181; 182].

În viziunea lui Marin Manolescu, competența implică „integrarea și adaptarea cunoștințelor, mobilizarea și transferul acestora în diverse situații, ajustarea resurselor și strategiilor de gândire și acțiune, și rafinarea acestora pe măsură ce experiențele acumulate se diversifică” [157]. În viziunea lui Manolescu, competența se manifestă atunci când o persoană reușește să se integreze într-un grup, să se adapteze la contexte specifice și să mobilizeze cunoștințele și abilitățile pentru a realiza transferuri eficiente în diverse situații.

Mihai Călin definește competența ca un amestec de cunoștințe, abilități, priceperi și deprinderi, care se manifestă practic și este direct relevant pentru abordarea contextului specific al unei situații care necesită soluționarea unei probleme sau îndeplinirea unei sarcini [52].

Constantin Cucuș definește competența ca o combinație de cunoștințe, abilități și atitudini care permite unei persoane să desfășoare activități specifice într-un mod eficient și adaptativ. Această abordare subliniază ideea că învățarea trebuie să aibă o aplicabilitate practică și să ajute la adaptarea la diverse situații de viață [68]. Potrivit lui Cucuș, competențele trebuie dezvoltate printr-o educație integrată, în care elevii să aibă oportunități de a aplica cunoștințele și abilitățile în mod activ. El consideră că învățarea bazată pe experiențe este esențială pentru formarea competențelor reale, în care teoria și practica se completează reciproc. Cucuș subliniază necesitatea dezvoltării competențelor transversale, cum ar fi comunicarea, colaborarea și gândirea

critică. Acestea sunt fundamentale nu doar pentru succesul profesional, ci și pentru dezvoltarea personală și integrarea socială a elevilor.

În viziunea autoarei Julija Kubová Semaková competența integrează cunoștințele, experiența, aptitudinile și valorile demonstrate în practică [142]. Miron Ionescu definește competența ca „un ansamblu integrat de capacități și abilități de aplicare, operare și transfer al achizițiilor, care permit desfășurarea eficientă a unei activități, utilizarea în mod funcțional a cunoștințelor, priceperilor și deprinderilor dobândite, în diferite contexte formale și informale” [126]. Această definiție oferă o înțelegere extinsă a conceptului, deoarece competența se manifestă atunci când persoana reușește să integreze toate capacitățile și abilitățile sale și să le aplice eficient în contextul specific în care sunt necesare.

De mai bine de un deceniu, problema competențelor a devenit o prioritate și pentru cercetătorii din Republica Moldova. Astfel, Vlad Pâslaru definește competența ca „termenul generic pentru valoarea educațională proiectată (obiectiv), care în procesul educativ-didactic se integrează gradual în achiziție a educatului (finalitate), având structură triadică inescapabilă, manifestă în variate niveluri de dezvoltare, în funcție de vârsta educatului, calitatea educației și orientarea generală de devenire a acestuia într-o proprie ființă” [190].

Ion Botgros și Ludmila Franțuzan descriu competența ca „un set complet de resurse interne pe care elevii le dobândesc în procesul de învățare și care sunt mobilizate și aplicate pentru a rezolva situații semnificative, modelate pedagogic” [17].

Maria Hadîrcă descrie competența școlară ca „o finalitate educațională ce implică utilizarea, în anumite situații școlare, a unui ansamblu organizat de cunoștințe, abilități și atitudini de natură disciplinară, apropiate de elev, pe care acesta le aplică spontan pentru a rezolva probleme în aceste situații, rezultând într-un produs școlar ce poate fi evaluat” [113].

Lia Scifos definește competența ca „un ansamblu integrat de capacități, cunoștințe și atitudini aplicate adecvat și spontan în diverse situații, mobilizând și reorganizând resursele interne și externe pentru atingerea obiectivelor în cadrul experienței sociale autentice” [211].

Anatol Gremalschi definește competența ca un „ansamblu integrat de cunoștințe, abilități, atitudini și valori care sunt mobilizate și utilizate în mod eficient în diverse contexte și situații pentru a rezolva probleme și a îndeplini sarcini”. Această definiție subliniază că competența nu se limitează la acumularea de cunoștințe teoretice, ci implică și aplicarea practică a acestora, adaptându-se la diferite contexte și provocări. Competența, astfel, este văzută ca un sistem dinamic și integrat care permite elevului să performeze eficient în diverse situații, evidențiind importanța atât a aspectelor cognitive, cât și a celor practice și comportamentale în realizarea sarcinilor și soluționarea problemelor [105].

De asemenea, conceptul de competență a fost examinat și de către autorii de curriculum pentru diferite discipline școlare, inclusiv Vladimir Guțu [108, 111], Ion Achiri [1], Adrian Ghicov [98], grupul de cercetători condus de Ion Botgros [20], și Nadia Bîrnaz [10], care au contribuit la dezvoltarea și integrarea competențelor în programele educaționale, adaptând conceptele teoretice la nevoile și realitățile educației contemporane, astfel încât să răspundă mai bine cerințelor curriculare și să faciliteze realizarea obiectivelor educaționale.

Analizând tendințele educației din primele două decenii ale secolului XXI, se observă că abordarea bazată pe competențe a fost cea mai influentă în modernizarea educației și formării profesionale, având impact asupra întregului spațiu educațional european, inclusiv în Republica Moldova. Această abordare a provocat o schimbare în viziunea asupra învățării ca proces și rezultat, a generat noi concepte și modele educaționale și a impus o reformare a procesului de predare-învățare-evaluare, trecând de la obiectivele pedagogice către dezvoltarea competențelor elevilor. Acest lucru se reflectă în ultimele evoluții ale documentelor de politici educaționale la nivel european și național și în modul în care acestea sunt aplicate în diverse țări.

Astfel, pe baza analizării perspectivelor teoretice prezentate mai sus, în cadrul prezentei teze, competența este înțeleasă ca un ansamblu integrat și dinamic de cunoștințe, abilități și atitudini, mobilizat contextual pentru a face față situațiilor variate de viață, învățare și activitate socială.

1.1.2. Competențele-cheie în documentele educaționale internaționale și naționale

Conform Comisiei Europene competențele-cheie sunt un set de cunoștințe, abilități și atitudini considerate esențiale pentru dezvoltarea personală, incluziunea socială, cetățenia activă și angajabilitatea (vezi Anexa 1). Aceste competențe sunt relevante pentru toți cetățenii de-a lungul vieții, atât în contextul educațional, cât și pe piața muncii. În 2018, Comisia Europeană a actualizat Cadrul european de referință pentru competențele-cheie pentru învățarea pe tot parcursul vieții, care definește următoarele opt competențe-cheie [199]:

1. Competențe de alfabetizare - capacitatea de a identifica, înțelege, exprima, crea și interpreta concepte, sentimente, fapte și opinii, atât verbal, cât și în scris, folosind materiale vizuale, auditive/audio și digitale în diferite discipline și în diferite contexte.
2. Competențe multilingvistice – abilitatea de a folosi diferite limbi pentru a comunica eficient în contexte diverse și pentru a înțelege culturile aferente acestora.
3. Competențele în domeniul științei, tehnologiei, ingineriei și matematicii (STEM) – abilitatea de a aplica cunoștințele matematice și științifice pentru a rezolva probleme din viața de zi cu zi și a înțelege impactul științei și tehnologiei asupra societății.

4. Competențele digitale – abilitatea de a folosi tehnologiile digitale în mod eficient, critic și responsabil pentru a naviga în medii digitale, a evalua și crea conținut, a proteja datele și a comunica online.
5. Competențele personale, sociale și de a învăța să înveți – abilitatea de a reflecta asupra propriei învățări, a gestiona emoțiile și a lucra în colaborare, precum și capacitatea de a te adapta la schimbări.
6. Competențele civice – abilitatea de a participa activ la viața civică, politică și socială, înțelegând și respectând diversitatea culturală, democrația și drepturile fundamentale.
7. Competențe antreprenoriale – abilitatea de a transforma ideile în acțiuni, având cunoștințe și atitudini care promovează creativitatea, inovația, asumarea riscurilor și gestionarea proiectelor în diverse contexte.
8. Competențe de sensibilitate și expresie culturală – abilitatea de a aprecia și înțelege arta și cultura în diferite forme, precum și de a-ți dezvolta propriile forme de expresie culturală.

Aceste competențe-cheie sunt menite să sprijine cetățenii în dezvoltarea personală și profesională, permițându-le să se adapteze la o societate în continuă schimbare.

Subliniem că documentele Comisiei Europene oferă o sinteză a stadiului actual al problemei competențelor, prezentând o viziune integratoare. Astfel, în perspectiva OCDE, cadrul conceptual pentru definirea și selectarea competențelor-cheie a luat în considerare viziunile asupra societății și membrilor, contextul cultural și diversitatea experiențelor de viață, negocierea politică și stabilirea unui consens, precum și conceptele și modelele teoretice relevante. OCDE a sugerat clasificarea competențelor în trei mari categorii: utilizarea interactivă a instrumentelor, interacțiunea în grupuri sociale eterogene și modul de a acționa autonom. La rândul lor, fiecare din aceste trei categorii de competențe este structurată în trei sub-competențe. În tabelul următor prezentăm competențele-cheie definite în cadrul Proiectului DeSeCo [184].

Tabelul 1.1 Competențele-cheie conform OCDE

Categorii de competențe	Competențe (Capacități)
1. A utiliza în mod interactiv instrumente	Competența 1-A. Capacitatea de a utiliza în mod interactiv limbajul, simbolurile și textele Competența 1-B. Capacitatea de a utiliza în mod interactiv cunoașterea și informația Competența 1-C. Capacitatea de a utiliza în mod interactiv tehnologiile

2. A interacționa în grupuri sociale eterogene	Competența 2-A. Capacitatea de a stabili relații bune cu ceilalți Competența 2-B. Capacitatea de a coopera Competența 2-C. Capacitatea de a gestiona și de rezolva conflicte
3. A acționa în mod autonom	Competența 3-A. Capacitatea de a acționa într-un context global Competența 3-B: Capacitatea de a elabora și de a realiza proiecte de viață și programe personale Competența 3-C. Capacitatea de a-și apăra și de a-și afirma drepturile, interesele, limitele și nevoile

Comparând formulările competențelor-cheie recomandate de Uniunea Europeană în 2018 și cele sugerate de OCDE (vezi Anexa 2) [184] se poate observa că, în versiunile mai recente, accentul cade pe abilitatea elevului de a aplica în practică cunoștințele pe care le deține. În contextul educației pentru dezvoltarea durabilă, glosarul UNESCO privind competențele-cheie se bazează pe definițiile formulate de Comisia Europeană.

În Republica Moldova competențele-cheie au apărut ca parte a unui proces de modernizare a sistemului educațional, în concordanță cu tendințele internaționale și angajamentele asumate de țară în cadrul unor inițiative globale și europene. În contextul integrării europene Republica Moldova a avut un parcurs de adaptare a sistemului său educațional pentru a răspunde cerințelor unei economii bazate pe cunoaștere. Conceptul de competențe-cheie a fost dezvoltat pentru a reprezenta un set transferabil și multifuncțional de cunoștințe, abilități și atitudini necesare pentru realizarea și dezvoltarea personală, incluziunea socială și integrarea profesională [171]. Aceasta se aliniază tendinței de a îmbunătăți eficiența învățării, orientând procesul educațional spre atingerea unor obiective globale și trans-disciplinare, reflectate în cele 8 competențe-cheie europene. Aceste competențe sunt acum promovate atât în politicile educaționale, cât și în structura procesului de predare – învățare – evaluare.

Codul educației al Republicii Moldova [61] prevede că „principalul obiectiv educațional al școlii este dezvoltarea liberă și armonioasă a elevului și formarea unei personalități creative, capabile să se adapteze la condițiile în schimbare ale vieții”. În plus, învățământul vizează „dezvoltarea personalității..., promovarea respectului..., pregătirea copilului pentru..., conștientizarea necesității de a..., educarea stimei de sine..., și asigurarea unei pregătiri fizice variate...”, fără a specifica în mod direct finalitățile educaționale exacte. Astfel, în articolul 18 se menționează că: „Învățământul primar contribuie la dezvoltarea copilului ca o personalitate liberă și creativă, sprijină dezvoltarea abilităților intelectuale, a deprinderilor esențiale de citire, scriere și calcul, și promovează aptitudinile de comunicare și competențele lingvistice într-o limbă

modernă”. Menționăm că lista competențelor-cheie din Codul Educației este mai extinsă decât cea recomandată de Uniunea Europeană. Având în vedere că în Republica Moldova limba română are statut de limbă de stat, legiuitorul a decis că toți elevii, indiferent de limba maternă, trebuie să dezvolte competența de comunicare în limba oficială a țării. În același timp, menținând competența de comunicare în limba maternă recomandată de Uniunea Europeană, statul garantează dreptul constituțional al persoanelor din minoritățile lingvistice de a studia în limba aleasă de ei și de a-și păstra și dezvolta caracteristicile lingvistice proprii.

Competențele-cheie conform Codului educației al Republicii Moldova (vezi Anexa 3) [61]:

- i) competențe de comunicare în limba română
- ii) competențe de comunicare în limba maternă
- iii) competențe de comunicare în limbi străine
- iv) competențe în matematică, științe și tehnologie
- v) competențe digitale
- vi) competența de a învăța să înveți
- vii) competențe sociale și civice
- viii) competențe antreprenoriale și spirit de inițiativă
- ix) competențe de exprimare culturală și de conștientizare a valorilor culturale.

Vladimir Guțu consideră competențele drept rezultate ale procesului de învățare (ieșiri), spre deosebire de obiectivele educaționale, care sunt văzute ca intrări [108]. Competențele sunt descrise ca fiind ansambluri structurate de cunoștințe, abilități și valori. Se consideră că nu există o echivalență directă între formulările competențelor și diferitele modalități de exprimare a obiectivelor; acestea nu pot fi reduse sau echivalente între ele.

Abordarea lui Ian V. Mullis și colaboratorilor asupra competențelor-cheie reflectă o înțelegere holistică a educației, evidențiind importanța dezvoltării abilităților esențiale pentru succesul elevilor într-o societate în continuă schimbare [176]. Ian V. Mullis a subliniat importanța abilităților de bază în științe și matematică ca fiind esențiale pentru educația elevilor. Aceste competențe sunt considerate fundamentale pentru a avea succes în mediul profesional și în viața de zi cu zi. Un aspect central al perspectivei lui Mullis este capacitatea elevilor de a analiza informațiile și de a evalua argumentele, ceea ce este esențial în lumea complexă de astăzi. Gândirea critică ajută elevii să devină consumatori responsabili de informație. Competența de comunicare este crucială pentru interacțiunile sociale și profesionale și pentru colaborarea în grupuri. Soluționarea situațiilor de problemă este o competență-cheie recunoscută de Mullis, care permite elevilor să abordeze situații complexe și să găsească soluții eficiente. Aceasta include utilizarea creativității și a gândirii critice. Viziunea lui Mullis include și aspecte legate de responsabilitatea

socială, promovând implicarea activă a elevilor în comunitate și în societate. Acest lucru este esențial pentru dezvoltarea unei cetățenii responsabile. Competențele-cheie trebuie să includă abilitatea de a învăța și de a se adapta la noi contexte și situații.

Marin Manolescu consideră că educația modernă trebuie să se concentreze pe dezvoltarea competențelor-cheie, care includ nu doar cunoștințe teoretice, ci și abilități practice esențiale necesare pentru integrarea pe piața muncii și în societate. El subliniază că aceste competențe-cheie, precum gândirea critică, creativitatea și abilitatea de a colabora, sunt fundamentale pentru a forma indivizi capabili să contribuie activ la comunitate și să facă față provocărilor viitoare. Manolescu promovează ideea că educația ar trebui să integreze învățarea prin experimente, astfel încât elevii să dezvolte nu doar cunoștințe, ci și abilități practice prin activități concrete și relevante [157].

Din aceste definiții ale competențelor-cheie și din analiza caracteristicilor lor, se pot trage următoarele concluzii:

- Competențele sunt definite printr-un sistem integrat de cunoștințe, abilități și atitudini.
- Au un caracter trans-disciplinar implicit.
- Competențele-cheie reflectă și obiectivele educaționale ale învățământului obligatoriu.
- Aceste competențe ar trebui să constituie fundamentul educației pe tot parcursul vieții.

1.1.3. Competențele de învățare pe tot parcursul vieții în educația contemporană

Conceptul competențelor de învățare pe tot parcursul vieții (CIPV) a fost definit și popularizat în cadrul raportului UNESCO din 1972, cunoscut ca Raportul Faure [87]. Publicat de Comisia Internațională pentru Dezvoltarea Educației, condusă de Edgar Faure, raportul a subliniat necesitatea de a concepe educația ca un proces continuu de-a lungul vieții, flexibil și adaptat schimbărilor rapide din societate. Raportul Faure este considerat un moment esențial în recunoașterea importanței competențelor pentru învățarea continuă și dezvoltarea personală și socială.

În documentul „Key Competences for Lifelong Learning” publicat de Comisia Europeană în 2018 [199], competența de învățare pe tot parcursul vieții este abordată ca un principiu fundamental pentru educația modernă. De asemenea, UNESCO a promovat competența de învățare pe tot parcursul vieții ca un principiu fundamental în educație, recunoscând că aceasta este esențială pentru dezvoltarea personală, socială și economică a populației. UNESCO subliniază că competențele de învățare pe tot parcursul vieții sunt esențiale pentru adaptarea la schimbările rapide din societate și economie [73]. Astfel, conform UNESCO componentele CIPV sunt următoarele:

- Gândirea critică care presupune capacitatea de a analiza informații și de a găsi soluții la probleme complexe.
- Abilitățile de colaborare și comunicare care permit lucrul în echipă și comunicarea eficientă cu ceilalți.
- Autonomia în învățare care constă în abilitatea de a-și gestiona propriul proces de învățare, inclusiv setarea obiectivelor de învățare și evaluarea progresului propriu.

UNESCO colaborează cu guverne și organizații internaționale pentru a integra competențele de învățare pe tot parcursul vieții în politicile educaționale și în strategiile de dezvoltare [236; 237]. În acest context UNESCO a propus Programul „Education for Sustainable Development” [239]: care promovează competențele necesare pentru a aborda provocările de mediu și cele sociale. Putem concluziona că CIPV este esențială pentru dezvoltarea elevilor. Prin promovarea acestui concept, UNESCO contribuie la crearea unei societăți mai echitabile, mai informate și mai pregătite pentru provocările viitoare [238]. CIPV sunt esențiale pentru a sprijini elevii în adaptarea la schimbările din societate și pe piața muncii. Ele includ:

1. Competențe cognitive
2. Competențe practice
3. Competențe sociale
4. Competențe emoționale
5. Competențe digitale.

CIPV formulate de OCDE [184] includ o serie de abilități esențiale pentru a activa în societatea contemporană și pe piața muncii:

1. Competențele cognitive, care includ gândirea critică (abilitatea de a analiza informația și de a evalua argumentele) și creativitatea (capacitatea de a genera idei noi și soluții).
2. Competențele sociale, care includ colaborarea (lucrul în echipă și gestionarea relațiilor interumane) și comunicarea (abilitatea de a exprima idei și a interacționa cu alții).
3. Competențele emoționale, care includ autoreglarea (capacitatea de a-ți gestiona emoțiile și de a face față stresului) și empatia (înțelegerea și reacția la emoțiile altora).
4. Competențele digitale, care includ utilizarea tehnologiei (abilitatea de a utiliza instrumente digitale și resurse online) și securitatea cibernetică (cunoștințe despre protecția datelor și siguranța online).
5. Competențele de autoînvățare, care includ învățarea autodirecționată (capacitatea de a-și identifica nevoile de învățare și de a căuta resurse pentru dezvoltare personală) și adaptabilitatea (flexibilitatea de a se adapta la schimbările din mediul de lucru sau educație).

Proiectele și inițiativele OCDE, cum ar fi PISA (*Programme for International Student Assessment*), evaluează competențele elevilor în matematică, științe și lectură, punând accent pe dezvoltarea abilităților necesare pentru învățarea pe tot parcursul vieții (vezi Anexa 4) [183]. De asemenea, proiectul DeSeCo (*Definition and Selection of Competencies*) se concentrează pe definirea și selectarea competențelor esențiale pentru o viață reușită și o societate funcțională [184]. În concluzie, CIPV promovate de OCDE sunt fundamentale pentru dezvoltarea individuală și socială, contribuind la formarea unei societăți informate, responsabile și pregătite pentru viitor.

Philip Candy argumentează că competența de învățare pe tot parcursul vieții este esențială pentru dezvoltarea personală și profesională. Prin promovarea autodirecției, motivației intrinseci și sprijinului comunității, elevii pot deveni învățători eficienți și capabili să se adapteze la provocările unei societăți în continuă schimbare [54; 205].

Ian Falconer și Martin Weller concluzionează că competența de învățare pe tot parcursul vieții este esențială în era digitală, iar tehnologiile moderne oferă oportunități semnificative pentru dezvoltarea acesteia. Este necesar să se abordeze provocările existente pentru a asigura o educație echitabilă și accesibilă tuturor elevilor [86].

Pierre Perrenoud accentuează faptul că învățarea trebuie să fie contextualizată, adică legată de realitățile și provocările cu care se confruntă elevii în viața de zi cu zi. El a promovat ideea că educația nu se oprește la absolvirea școlii, dar continue pe tot parcursul vieții, subliniind importanța formării competențelor care pot fi aplicate în diverse contexte. Pierre Perrenoud a adus o contribuție semnificativă la înțelegerea CIPV, oferind un cadru teoretic și practic pentru educatori, cercetători și formatori [191].

În contextul rapidelor schimbări sociale, economice și tehnologice, competențele de învățare pe tot parcursul vieții devin esențiale pentru pregătirea elevilor pentru o societate în continuă transformare. Astfel putem identifica funcțiile de bază ale CIPV:

1. Adaptabilitate la schimbări: competențele CIPV permit indivizilor să se adapteze mai ușor la schimbările din mediul profesional și personal. Într-o lume în care tehnologia și cerințele pieței muncii evoluează constant, abilitatea de a învăța și de a se adapta devine importantă pentru succesul pe termen lung.
2. Îmbunătățirea angajabilității: angajatorii caută din ce în ce mai mult candidați care nu doar că au cunoștințe specifice, ci și abilități de învățare continuă. Persoanele care pot învăța rapid și își pot actualiza competențele sunt mult mai atractive pe piața muncii.
3. Dezvoltarea personală și profesională: CIPV contribuie la dezvoltarea holistică a individului. Acestea sprijină nu doar dobândirea de cunoștințe, ci și dezvoltarea abilităților critice, a gândirii critice și a creativității, toate fiind esențiale pentru succesul personal și profesional.

4. Promovarea învățării autonome: educația modernă își propune să dezvolte elevi capabili să își asume responsabilitatea pentru propriul proces de învățare. CIPV facilitează dezvoltarea învățării autonome, încurajând elevii să caute și să valorifice resursele disponibile, să colaboreze și să învețe din experiențe.

5. Contribuția la formarea unei societăți informate: populație educată în domeniul învățării continue este esențială pentru o societate democratică și funcțională. Cetățenii informați, care pot analiza și evalua informațiile, contribuie la dezbateri sănătoase și la luarea deciziilor fundamentate.

6. Integrarea învățării în diverse contexte: CIPV nu se limitează la mediul academic; ele sunt aplicabile și în diverse contexte de viață, inclusiv în comunitate, în familie și în viața profesională. Aceasta înseamnă că elevii pot continua să învețe și să se dezvolte indiferent de circumstanțe.

În concluzie, CIPV sunt fundamentale în educația modernă, contribuind la adaptabilitatea, angajabilitatea, dezvoltarea personală și la crearea unei societăți informate. Investiția în aceste competențe nu este doar o necesitate pentru elev, dar și o responsabilitate socială, având un impact profund asupra progresului comunității și al societății în ansamblu.

1.1.4. Competențele științifice în contextul educației școlare

Conform standardelor de competență din Republica Moldova (vezi Anexa 5) [171], competențele științifice sunt definite ca un set de cunoștințe, abilități și atitudini necesare pentru a înțelege și aplica în mod rațional cunoștințele științifice, având ca scop rezolvarea problemelor din viața reală, dezvoltarea gândirii critice și sprijinirea procesului de investigare în domeniile științei. Aceste competențe sunt esențiale pentru pregătirea elevilor să devină cetățeni activi și informați, capabili să interpreteze fenomene naturale și tehnologice într-un mod responsabil și să ia decizii fundamentate științific. Aceste standarde subliniază faptul că educația științifică nu înseamnă doar acumularea de cunoștințe, ci și aplicarea acestora într-un mod care să îmbunătățească viața individului și să contribuie pozitiv la societate. Astfel, competențele științifice definite în Standardele de competență ale Republicii Moldova urmăresc să dezvolte elevii în sensul unei înțelegeri profunde și aplicabile a științei în viața de zi cu zi, pregătindu-i pentru o participare activă și responsabilă în societatea modernă.

Subliniem că în curriculumul școlar la fizică din Republica Moldova [12], competențele științifice (vezi Anexa 6) sunt axate pe trei dimensiuni principale:

- Dimensiunea cognitivă – dezvoltarea cunoștințelor și conceptelor științifice fundamentale, incluzând înțelegerea legilor, principiilor și metodelor științifice care stau la baza disciplinelor precum fizica, chimia, biologia și geografia.

- Dimensiunea operațională – abilități și deprinderi necesare pentru a desfășura experimente, investigații și observații științifice, respectând principiile etice și rigurozitatea metodologică. Acest aspect include capacitatea de a planifica și executa experimente, de a analiza date și de a formula concluzii bazate pe dovezi.
- Dimensiunea atitudinală – dezvoltarea unui spirit de curiozitate, deschidere față de noi informații și interes pentru domeniul științei, promovând responsabilitatea față de mediul înconjurător și conștientizarea implicațiilor sociale și etice ale progresului științific.

Conform Comisiei Europene, competențele științifice sunt necesare pentru ca indivizii să înțeleagă și să evalueze procesele științifice și implicațiile acestora asupra vieții și societății. Aceste competențe combină cunoștințele teoretice cu aplicarea practică și responsabilă a științei, având o contribuție esențială la cetățenia activă și informată. În viziunea Comisiei Europene, dezvoltarea competențelor științifice asigură că cetățenii sunt capabili să înțeleagă și să răspundă provocărilor unei lumi complexe [199].

Competențele științifice, conform OCDE, se referă la capacitatea de a folosi cunoștințe, metode și procese științifice pentru a înțelege lumea naturală și a lua decizii informate. Aceste competențe includ abilitatea de a aplica în mod critic conceptele științifice în rezolvarea problemelor cotidiene și în interpretarea datelor și fenomenelor complexe. În cadrul evaluărilor educaționale internaționale, OCDE subliniază importanța acestora pentru dezvoltarea gândirii logice și critice necesare în societatea modernă [184].

National Research Council (NRC) al SUA definește competențele științifice drept un set de abilități și cunoștințe necesare pentru a investiga, explica și interpreta fenomene naturale, având un rol fundamental în dezvoltarea înțelegerii științifice (vezi Anexa 7). Aceste competențe includ investigarea, formularea de întrebări, colectarea și analizarea datelor și aplicarea lor în luarea de decizii informate. Potrivit NRC, competențele științifice sunt vitale pentru a pregăti tinerii să fie cetățeni informați și să contribuie activ la societate [177].

Literatura de specialitate [57] reflectă o diversitate terminologică în definirea competențelor legate de cunoașterea științifică, utilizând termeni precum „competențe științifice” [65], „competențe în științe” [185] sau „competențe de cunoaștere științifică” [20]. Această varietate de termeni provine din diferențele de abordare și interpretare a conceptului în cadrul diverselor contexte educaționale și teoretice. „Competențele științifice” [65] se concentrează adesea pe abilitățile de investigare și aplicare a metodei științifice, accentuând importanța procesului de cercetare și experimentare. Pe de altă parte, termenul „competențe în științe” [185] sugerează un accent mai larg pe cunoștințele și abilitățile dobândite în disciplinele specifice, cum ar fi fizica, chimia sau biologia, și pe aplicarea acestora în contexte variate .

„Competențele de cunoaștere științifică” [20] includ atât abilitățile cognitive, cât și atitudinile necesare pentru a înțelege și interpreta lumea naturală, favorizând o înțelegere profundă a fenomenelor și a legilor care guvernează natura. În funcție de sursa și orientarea teoretică, aceste competențe pot viza fie procesul de învățare științifică (de exemplu, în abordările constructiviste), fie aplicabilitatea practică în viața cotidiană (de exemplu, în educația STEM) [29]. Această diversitate terminologică indică, în esență, complexitatea cunoașterii științifice și necesitatea de a dezvolta la elevi un ansamblu de competențe integrative, care să le permită să devină cetățeni informați și capabili să facă față provocărilor unei societăți moderne.

Ion Botgros și Ludmila Franțuzan, în lucrarea lor despre semnificația competenței de cunoaștere științifică în procesul educațional [18], definesc competența de cunoaștere științifică drept capacitatea elevilor de a înțelege și aplica metodele și conceptele fundamentale ale științei în cadrul disciplinelor școlare, cum ar fi fizica, biologia și chimia. Aceasta presupune dezvoltarea unor abilități de investigare, analiză critică și rezolvare a problemelor, care să le permită elevilor nu doar să acumuleze cunoștințe, ci și să le utilizeze în contexte noi și relevante. În viziunea lor, competența de cunoaștere științifică este esențială pentru formarea unui spirit critic și pentru pregătirea tinerilor să înțeleagă și să contribuie activ la societatea bazată pe cunoaștere. Această abordare pune accentul pe dezvoltarea gândirii științifice, formând astfel elevi capabili să interpreteze și să aplice conceptele științifice în viața de zi cu zi.

Mariana Gherghișan afirmă că competența de cercetare științifică are proiecție pedagogică din perspectiva învățării constructiviste. Învățarea prin cercetare implică: gândire critică și creativă, cunoaștere științifică, inovație, autenticitate. Între etapele cercetării științifice și etapele de formare a unei competențe se atestă corespondențe. Dezvoltarea competenței de cercetare la elevi va asigura nu doar continuitate în procesul de învățare, dar și integrare profesională [97].

Rodger W. Bybee, autorul și promotorul conceptului 5E, definește competențele științifice ca fiind esențiale pentru a înțelege lumea naturală și pentru a dezvolta gândirea critică și capacitatea de rezolvare a problemelor. Aceste competențe presupun nu doar cunoștințe despre fapte și teorii științifice, ci și abilități de a aplica metode științifice, de a investiga și de a interpreta fenomene complexe. În viziunea lui Bybee, competențele științifice sunt fundamentale pentru dezvoltarea unui cetățean informat, capabil să ia decizii informate și responsabile în societatea modernă [30, 31].

Potrivit lui Wynne Harlen, autoarea conceptului Ideilor Științifice Mari (ISM), competențele științifice includ cunoștințe, abilități și atitudini esențiale pentru a înțelege și aplica raționamente științifice. Acestea vizează dezvoltarea capacității de a explora, observa și analiza fenomene, promovând o abordare bazată pe dovezi în procesul de învățare și în deciziile de zi cu zi. Harlen

subliniază că astfel de competențe sunt critice pentru educarea indivizilor în vederea participării informate și active în societate [118].

Constantin Cucos a contribuit la dezvoltarea conceptului de competențe științifice definite ca un ansamblu de cunoștințe, abilități și atitudini esențiale pentru dezvoltarea gândirii critice și înțelegerii raționale a lumii naturale. Potrivit lui Cucos, aceste competențe permit elevilor să aplice metode de cercetare, să analizeze informații și să formuleze concluzii bazate pe dovezi, pregătindu-i astfel pentru o participare activă în societate. Aceste competențe au rolul de a construi o gândire autonomă, specifică educației moderne [68].

Ioan Cerghit consideră că competențele științifice contribuie la formarea unui mod de gândire bazat pe obiectivitate, rigurozitate și metodologie specifică. Ele includ capacitatea de investigare și interpretare a fenomenelor științifice și sunt indispensabile pentru a răspunde cerințelor de adaptabilitate și inovare ale societății contemporane. Competențele științifice, conform lui Cerghit, facilitează înțelegerea științei ca parte a realității cotidiene, având un rol esențial în dezvoltarea personală și socială [57].

Sorin Cristea definește competențele științifice ca fiind o componentă-cheie a formării intelectuale, implicând o abordare sistematică a înțelegerii și aplicării cunoștințelor științifice. În viziunea sa, competențele științifice includ atât înțelegerea conceptelor fundamentale, cât și abilitățile de experimentare și evaluare critică, necesare pentru a dezvolta raționamente logice și constructive. Cristea accentuează că aceste competențe sunt fundamentale pentru a sprijini elevii în formarea unei gândiri științifice, care să le permită adaptarea eficientă la schimbările societății moderne [65].

Astfel putem formula caracteristicile de bază ale competențelor științifice:

- sunt transferabile, adică ele pot fi aplicate în diverse contexte, de la cariere în domeniul științelor exacte și al tehnologiei până la soluționarea problemelor cotidiene.
- cultivă gândirea critică și analitică, adică capacitatea de a analiza informația, de a lua decizii fundamentate și de a aborda probleme complexe.
- facilitează învățarea prin cercetare și experiență.

În concluzie, competențele științifice se disting prin caracterul lor transferabil, prin rolul esențial în dezvoltarea gândirii critice și analitice și prin facilitarea învățării prin cercetare și experiență.

În acest context, CIPV sunt relevante în contextul educației contemporane deoarece contribuie la formarea unei societăți informate și adaptabile, facilitează înțelegerea științifică a lumii și sprijină dezvoltarea personală și socială a indivizilor. CIPV se extind dincolo de mediul

academic, permițând aplicarea cunoștințelor în situații reale și valorizarea competențelor științifice în contexte variate.

Prin urmare, dezvoltarea CIPV reprezintă o necesitate atât individuală, cât și socială, iar integrarea competențelor științifice în acest cadru justifică relevanța lor pentru didactica științelor în general și pentru Didactica Fizicii în particular.

1.2 Structura teoretică a competențelor de învățare pe tot parcursul vieții și relația lor cu strategiile didactice în predarea fizicii

1.2.1. Relația dintre competențele de învățare pe tot parcursul vieții și strategiile didactice

Una dintre cele mai mari provocări ale oricărui sistem educațional este reprezentată de angajamentul scăzut și motivația redusă a elevilor pentru învățare [121]. Există o discrepanță semnificativă între așteptările elevilor față de școală și oferta educațională pe care o furnizează mediul școlar. Astfel, cercetarea indică o corelație pozitivă slabă (0,308) între așteptările elevilor și evaluările lor asupra ofertei educaționale [143]. Publicat de Comisia Internațională pentru Dezvoltarea Educației, condusă de Edgar Faure, raportul a subliniat necesitatea de a concepe educația ca un proces continuu de-a lungul vieții, flexibil și adaptat schimbărilor rapide din societate. În plus, în contextul avansării tehnologiilor digitale, această diferență între elevi și sistemul educațional tinde să devină din ce în ce mai accentuată. Un factor major care contribuie la această problemă este paradigma memorizării, care continuă să joace un rol semnificativ în numeroase procese de învățare. În schimb, soluțiile viabile vin din domeniul strategiilor constructiviste de predare, care pun un accent considerabil pe efortul cognitiv al elevului, considerat un instrument esențial pentru dezvoltarea interesului față de învățare [3]. De asemenea, conceptul CIPV joacă un rol esențial în formarea și dezvoltarea motivației pentru învățare. În acest context strategiile didactice de tip constructivist pot fi înțelese nu doar ca un mijloc de dezvoltare a competențelor, ci și ca o cale de aprofundare a înțelegerii științifice a realității de către elevi.

Pornind de la aceste premise, în acest paragraf al Capitolului 1 vom analiza structura CIPV și vom evidenția relația între CIPV și o serie de metode și strategii didactice. Pentru aceasta vom răspunde la următoarele întrebări de cercetare:

1. Care este relația dintre CIPV și strategiile didactice constructiviste?
2. Care este structura și caracteristicile de bază ale tuturor CIPV?
3. Care CIPV sunt importante pentru formarea competenței științifice?
4. Care strategii didactice susțin formarea CIPV la lecțiile de fizică?

Pentru a răspunde la prima întrebare de cercetare vom identifica abilitățile caracteristice fiecărei competențe-cheie. Astfel, la baza competenței de comunicare în limba maternă stau abilitățile: ascultarea, vorbirea, citirea și scrierea. Ulterior, vom evidenția strategiile didactice care sunt adecvate pentru dezvoltarea acestor abilități la lecțiile de fizică, stabilind conexiuni între CIPV și metodele de predare.

Pentru a răspunde la a doua întrebare vom porni de la premisa că orice competență este influențată de cele patru tipuri de inteligență: intelectuală, emoțională, socială și kinestezică [127], care au un impact direct asupra formării cunoștințelor teoretice și practice. În acest mod vom identifica structura generală a CIPV.

Pentru a răspunde la a treia întrebare vom analiza structura competenței de învățare autonomă și a competenței de comunicare.

Pentru a răspunde la a patra întrebare vom analiza un exemplu concret, aplicat la predarea temei "Forța – mărime vectorială" în cadrul capitolului "Interacțiuni" clasa a VII-a IPLT "Mihai Eminescu" din Ungheni, Republica Moldova [16]. Pe baza acestui exemplu, vom identifica strategiile și abordările didactice care ar contribui la formarea cât mai eficientă a CIPV. În acest sens, vom recurge la rezultatele unui meta-studiu efectuat în cadrul teoriei Predării și Învățării Vizibile (PIV) [120]. Conform PIV, eficiența unei strategii didactice este direct influențată de gradul de feedback reciproc între elev și profesor, ceea ce sugerează că un schimb continuu de informații și evaluări între cele două părți este esențial pentru succesul învățării.

Comunicarea în limba maternă se fundamentează pe patru dimensiuni esențiale – ascultarea, exprimarea orală, lectura și scrierea – care se regăsesc în mod constant în desfășurarea lecțiilor. În perspectiva teoriei predării și învățării vizibile formulate de profesorul australian John Hattie, eficiența procesului didactic depinde în mare măsură de calitatea comunicării și de feedback-ul stabilit între profesor și elev, acesta fiind elementul ce asigură realizarea obiectivelor cognitive și pedagogice. În cadrul lecțiilor de fizică, un rol deosebit îl are utilizarea terminologiei științifice, iar nivelul de stăpânire al unui vocabular bogat și activ de către elevi constituie un indicator al atingerii competențelor vizate. Înțelegerea discursului profesorului reprezintă baza abilității de a asculta, iar pentru dezvoltarea acesteia se utilizează metoda Ascultării Active, prin care elevii se pregătesc să răspundă la întrebări și să participe la dezbateri. Această metodă se integrează în strategia de Învățare Mutuală (IM) sau Peer Instruction [163]. În cadrul dezbaterilor și discuțiilor specifice învățării prin cercetare [37] se consolidează abilitatea de exprimare orală, care presupune capacitatea elevilor de a sintetiza conținutul unui text, de a formula opinii utilizând terminologia științifică și de a prezenta rezultatele activităților de grup în fața clasei. Practica constantă a lucrului în echipă contribuie decisiv la dezvoltarea competențelor de vorbire și la argumentarea științifică

a ideilor. În ceea ce privește lectura, aceasta poate fi stimulată prin aplicarea strategiei didactice Clasa Inversată sau *Flipped Classroom* [128], unde elevii parcurg textele și rezolvă sarcini înainte de desfășurarea lecției. Pentru a menține caracterul interactiv al lecturii, materialele sunt însoțite de întrebări de verificare, exerciții de rezumare și activități de sinteză. Abilitatea de scriere se formează atunci când elevii redactează concluziile obținute în urma experimentelor sau lucrărilor de laborator realizate în grup [121]. În plus, elaborarea unui jurnal personal, în care elevii își notează concluziile și impresiile după fiecare activitate practică, reprezintă un instrument valoros. Deși acest jurnal nu este evaluat prin notă, profesorul are obligația de a oferi feedback, acesta constituind mecanismul de orientare a elevului în cadrul strategiei de Andocare sau *Scaffolding* [243].

Comunicarea într-o limbă străină presupune formarea unor competențe solide de ascultare, vorbire, citire și scriere, similare celor dezvoltate în limba maternă. Acestea pot fi cultivate prin activități de colaborare, în special prin implicarea în proiecte internaționale de tip e-Twinning [56], unde clase din diverse țări cooperează la realizarea unui proiect educațional comun [63]. Participarea constantă la astfel de inițiative îi ajută pe elevi să înțeleagă și să urmărească prezentările colegilor din alte țări, dezvoltându-și astfel capacitatea de a asculta și de a înțelege discursuri într-o limbă străină. Totodată, competența de exprimare orală se îmbunătățește prin dezbateri și sesiuni de argumentare desfășurate online. Pentru a-i pregăti pe elevi pentru aceste interacțiuni internaționale, este esențială consolidarea vocabularului prin lecturi însoțite de exerciții de rezumare. Textele de fizică redactate în limba străină pot fi utilizate ca suport, elevii fiind invitați să le parcurgă, să realizeze rezumate sau să răspundă la întrebări legate de conținut. Astfel, se stimulează simultan abilitățile de citire, înțelegere și exprimare în limba străină.

Competența matematică, alături de competențele fundamentale în științe și tehnologie, presupune dezvoltarea unor abilități esențiale precum rezolvarea de probleme, gândirea critică și aplicarea cunoștințelor în contexte variate. Înțelegerea profundă a semnificației fizice a termenilor și noțiunilor se reflectă în procesul de rezolvare a problemelor, atunci când elevul transformă situația descrisă în enunțul unei probleme de fizică într-un set de formule matematice [245]. Totodată, competențele matematice se consolidează prin activități precum conversia unei mărimi fizice dintr-un sistem de unități în altul. Rezolvarea problemelor de fizică implică utilizarea practică a cunoștințelor de aritmetică, algebră, geometrie și trigonometrie, iar analiza rezultatelor obținute, identificarea cazurilor-limită și a situațiilor particulare contribuie la formarea gândirii critice și a capacității de analiză. În cadrul lucrărilor de laborator desfășurate în proiectele de cercetare, elevii au posibilitatea de a măsura, calcula și interpreta datele experimentale, ceea ce favorizează atât îmbunătățirea competențelor matematice, cât și aprofundarea înțelegerii fizicii

prin examinarea relațiilor matematice dintre diferitele mărimi fizice. În prezent, simulările au devenit un instrument tot mai frecvent utilizat, fiind integrate atât în experimentele demonstrative, cât și în activitățile de laborator. Acestea le oferă elevilor posibilitatea de a explora relațiile matematice dintre mărimile fizice analizate, ceea ce favorizează simultan dezvoltarea gândirii matematice și înțelegerea aprofundată a conceptelor de fizică [4]. În plus, lucrul cu grafice și diagrame rezultate din activități practice sau din rezolvarea problemelor contribuie la formarea competențelor de interpretare vizuală și la capacitatea de a formula concluzii pertinente [125]. În cadrul proiectelor de cercetare, colaborarea elevilor pentru colectarea și analiza datelor, realizarea de estimări și elaborarea concluziilor reprezintă un proces complex prin care se consolidează atât competențele matematice, cât și deprinderile de învățare prin cercetare.

Competența digitală se definește prin capacitatea de a gestiona informația în mediul electronic – de la accesarea și evaluarea ei critică, până la utilizarea și crearea de conținut propriu. Această dimensiune presupune totodată respectarea normelor de securitate și etică online. Într-un context educațional în care tehnologiile digitale sunt deja integrate, formarea deprinderilor de accesare sigură a resurselor se realizează continuu prin platforme educaționale interactive, simulări și resurse online utilizate în proiectele de grup. O componentă esențială este dezvoltarea Discernământului Digital, adică abilitatea de a analiza și valida informațiile disponibile pe internet, ceea ce susține procesul de cercetare și luarea deciziilor fundamentate. Această competență se consolidează mai ales prin metode de învățare reflexivă și bazată pe cercetare. Într-un plan practic, competența digitală se exprimă prin utilizarea instrumentelor tehnologice în activitățile de învățare: experimente realizate cu ajutorul senzorilor, colectarea și interpretarea datelor prin software specializat, dar și prin resurse offline care facilitează interactivitatea și feedback-ul – precum sistemele de evaluare digitală, tabletele educaționale, tablele interactive și panourile digitale. În plus, vizionarea de materiale video și tutoriale educative pe diverse platforme completează procesul de formare digitală. Cercetările recente evidențiază faptul că materialele video scurte au un impact mai puternic asupra înțelegerii decât textele tradiționale din manuale. În acest context, competențele de creare, editare și publicare a conținutului digital se pot dezvolta prin proiecte de cercetare, unde elevii sunt implicați în realizarea unor produse proprii, precum prezentări, videoclipuri sau animații. Originalitatea acestor materiale este o condiție esențială, întrucât respectarea normelor etice face parte integrantă din formarea competențelor digitale și din educația generală. Totuși, trebuie subliniat că simpla deținere a competențelor digitale nu garantează performanța academică. Beneficiile apar doar atunci când aceste competențe sunt corelate cu un nivel ridicat de autodeterminare și implicare în procesul de învățare [146].

Formarea *competenței de a învăța* în cadrul predării fizicii se poate realiza prin aplicarea unor strategii didactice de tip constructivist, care pun accent pe implicarea activă a elevilor. Învățarea problematizată, de exemplu, îi provoacă să transpună conceptele teoretice în situații reale, stimulând gândirea critică și dezvoltând capacități precum reflecția asupra propriului proces de învățare, adaptabilitatea și reziliența – abilități indispensabile pentru gestionarea autonomă a provocărilor complexe întâlnite după finalizarea studiilor [196]. În același registru, învățarea prin proiecte le oferă elevilor ocazia de a explora teme de interes personal, de a cerceta fenomene și de a aplica creativ cunoștințele dobândite, ceea ce favorizează stabilirea unor obiective proprii și o administrare eficientă a timpului și resurselor pentru finalizarea sarcinilor [196]. Un rol esențial în consolidarea acestei competențe îl au metacogniția și autoevaluarea, prin care elevii ajung să își înțeleagă mai bine propriul proces de învățare și să identifice metodele cele mai eficiente pentru progresul individual [243]. Consolidarea cunoștințelor în predarea fizicii poate fi realizată prin implicarea elevilor în reflecția asupra propriilor metode de rezolvare și a strategiilor utilizate pentru înțelegerea conceptelor. Această practică se înscrie în sfera metacogniției, unde evaluarea performanței personale și stabilirea unor obiective de dezvoltare joacă un rol central. Vizibilitatea procesului de predare-învățare este susținută prin feedback și feed-forward, adică prin oferirea de răspunsuri rapide și orientări anticipative, care indică existența unei atmosfere constructiviste în clasă. Feedback-ul constant sprijină progresul elevilor, iar feed-forward-ul le oferă direcții clare pentru extinderea cunoștințelor și abilităților [76]. În același timp, colaborarea în grup demonstrează că rezultatele colective depășesc performanța individuală, iar proiectele comune îi ajută pe elevi să rezolve probleme, să investigheze concepte și să înțeleagă fenomene fizice. Pe termen lung, această experiență le dezvoltă competențe de lucru în echipă, comunicare, adaptabilitate și gestionare a propriei evoluții, pregătindu-i pentru diversitatea de perspective și emoții întâlnite după absolvire. Impactul pozitiv al colaborării este amplificat prin strategia de andocare formulată de Vygotsky, conform căreia elevii mai puțin avansați își îmbunătățesc cunoștințele prin interacțiunea cu colegii mai performanți [230].

Competențele sociale și civice se referă la capacitatea de a interacționa într-un mod respectuos și eficient cu ceilalți, de a coopera și de a participa activ la viața comunității, având în același timp o înțelegere solidă a valorilor democratice și a drepturilor fundamentale ale omului. În acest cadru, strategiile didactice care pun accent pe colaborare și lucru în echipă devin esențiale, deoarece le oferă elevilor ocazia să își exprime opiniile, să asculte și să respecte perspectivele colegilor, să împartă responsabilități și să dobândească experiență în comunicarea eficientă. Proiectele de cercetare socială realizate la clasă îi stimulează să investigheze legăturile dintre știință, tehnologie și impactul acestora asupra mediului și societății, abordând teme actuale precum

energia regenerabilă sau eficiența energetică. Prin astfel de activități, elevii descoperă conexiunile dintre fizică și provocările sociale contemporane, ceea ce contribuie la formarea lor ca cetățeni responsabili și informați. La fel de importante sunt proiectele comunitare, care implică elevii în acțiuni cu efect direct asupra mediului în care trăiesc, demonstrând modul în care principiile științifice pot fi aplicate pentru îmbunătățirea calității vieții. Predarea fizicii poate fi valorificată ca mijloc de formare a responsabilității sociale și a spiritului de colaborare între indivizi și organizații. Activități precum simulările și jocurile de rol creează contexte educaționale în care elevii exersează cooperarea, negocierea și luarea deciziilor în mod democratic, dezvoltând competențe de comunicare și rezolvare a conflictelor, dar și respectul față de valorile democratice și drepturile fundamentale. În același timp, dezbaterile și discuțiile pe teme de fizică le oferă elevilor oportunitatea de a formula opinii științifice și de a-și susține argumentele într-un cadru respectuos, ceea ce stimulează gândirea critică, ascultarea activă și înțelegerea diverselor perspective. Prin aceste practici, se consolidează respectul reciproc și se creează un mediu de învățare bazat pe dialog și responsabilitate civică [203].

Competența antreprenorială reprezintă o combinație complexă de trăsături și competențe. Printre acestea se numără curajul de a-ți asuma riscuri, gândirea critică și capacitatea de a conduce, dar și aptitudini precum comunicarea eficientă, construirea de rețele, disciplina și tenacitatea. Împreună, aceste elemente formează fundamentul necesar pentru a transforma ideile în inițiative viabile și pentru a susține dezvoltarea personală și profesională. Pentru a le dezvolta, strategiile didactice trebuie să pună accent pe implicarea activă a elevilor. Învățarea prin acțiune, cunoscută sub denumirea de *Learning by Doing*, reprezintă o modalitate eficientă de cultivare a curajului de a lua decizii și de a gestiona riscuri, prin proiecte provocatoare ce solicită soluții inovatoare [134]. O altă abordare relevantă este rezolvarea problemelor complexe (*Problem-Solving*), unde elevii sunt confrunțați cu situații autentice ce necesită gândire critică și identificarea unor soluții viabile. Practică constant, această metodă îi ajută să dezvolte un mod de lucru sistematic, bazat pe analiză, generarea de idei și evaluarea alternativelor, pregătindu-i pentru provocările reale ale mediului antreprenorial. Formarea aptitudinilor de leadership în educație presupune integrarea unor metode moderne care pun accent pe experiența practică. Elevii pot fi plasați în roluri de coordonatori ai proiectelor de cercetare, ceea ce le oferă ocazia să exerseze organizarea, planificarea, delegarea și luarea deciziilor. În paralel, mentoratul și modelarea devin instrumente valoroase: prin interacțiunea cu lideri experimentați sau prin observarea unor exemple de succes din diverse domenii, elevii primesc îndrumare, feedback și inspirație. Dezvoltarea competențelor de comunicare și de construire a rețelelor este stimulată prin activități interactive, precum jocuri de colaborare, exerciții de improvizație sau jocuri de cunoaștere. Simulările și jocurile de rol, în

care elevii sunt puși în situații realiste – negocieri, prezentări, interviuri sau discursuri – contribuie la consolidarea acestor abilități. În esență, orice context care le permite să își exprime ideile și să le argumenteze în fața celorlalți reprezintă o oportunitate de a-și întări capacitatea de comunicare și de a construi relații.

Sensibilitatea și conștientizarea culturală reprezintă capacitatea de a recunoaște și valoriza diversitatea, prin respectarea tradițiilor, obiceiurilor și valorilor diferitelor comunități. Pentru a cultiva această competență, un prim pas îl constituie implicarea elevilor în proiecte internaționale de colaborare, unde pot lucra alături de colegi din alte țări și culturi. Astfel de experiențe le oferă ocazia să împărtășească cunoștințe, să învețe unii de la alții și să dezvolte empatie și deschidere față de diversitate. Într-o etapă complementară, studiile de caz dedicate influenței culturii asupra științei [196] îi ajută pe elevi să înțeleagă modul în care contextul cultural modelează abordările și rezultatele cercetării, consolidând legătura dintre știință și societate. Diversitatea culturală poate fi înțeleasă mai bine prin exemple concrete din istoria științei, unde cercetători proveniți din diferite țări și tradiții au contribuit la dezvoltarea cunoașterii și tehnologiei. Discuțiile despre aceste modele îi ajută pe elevi să observe varietatea modurilor de gândire și impactul lor asupra progresului științific. În cadrul lecțiilor, un moment dedicat istoriei științei și contribuțiilor culturale oferă elevilor ocazia să descopere nu doar natura cercetării, ci și pluralitatea culturală care o însoțește. Totodată, colaborarea în grup devine o strategie esențială pentru cultivarea respectului și a dialogului intercultural. Activitățile comune îi încurajează pe elevi să își exprime opiniile, să împărtășească perspective culturale, să asculte activ și să dezvolte înțelegere față de valorile și tradițiile altor comunități. Prin prezentări și dezbateri, se consolidează comunicarea deschisă și respectul reciproc, transformând sala de clasă într-un spațiu de învățare interculturală autentică.

Corelarea competențelor-cheie cu abilitățile specifice și metodele didactice potrivite este sintetizată în Tabelul 1.2, unde sunt incluse și datele rezultate din teoria PIV [120]. În acest tabel se regăsește Mărimea Efectului (ME) pentru fiecare strategie didactică, indicator care reflectă impactul asupra performanței școlare (vezi anexa 8). Conform principiilor PIV, predarea frontală realizată timp de doi ani de către un profesor experimentat are o valoare ME de 0,4. Prin urmare, strategiile cu un efect mai mic de 0,4 sunt considerate insuficient de influente pentru succesul școlar, în timp ce metodele cu ME peste 0,7 sunt evaluate ca având un impact deosebit de puternic asupra progresului elevilor.

Tabelul 1.2 Alinierea între competențe-cheie, abilități și metode didactice.

Comunicare în limba maternă			Comunicare într-o limbă străină		
Abilități	Metode didactice	Mărimea efectului	Abilități	Metode didactice	Mărimea efectului
Ascultare	Ascultare activă, instruire reciprocă	0,74	Ascultare	Dezbateri și argumentări online	0,82
Exprimare orală	Dezbateri, colaborare între colegi	0,82	Exprimare orală	Activități de conversație	0,82
Lectură:	Metoda clasei inversate	0,50	Lectură	Lectură ghidată	0,75
Redactare	Jurnal reflexiv	0,52	Redactare	Rezumate pe teme de fizică	0,79
Competențe matematice, științifice și tehnologice			Competență digitală		
Calcul aritmetic	Estimări și calcule orale	0,59	Acces la informație	Utilizarea resurselor online	0,29
Rezolvare de probleme	Învățare prin probleme	0,68	Evaluare	Învățare reflexiv	1,29
Analiză și gândire critică	Învățare reflexivă	1,29	Utilizare	Aplicații interactive	0,47
Aplicarea cunoștințelor		1,29	Creare	Cercetare și producere de conținut	0,4
Competența de a învăța			Competențe sociale și civice		
Gândire critică	Învățare problematizată	0,68	Interacțiune și comunicare	Învățare colaborativă	0,55
Cercetare	Învățare reflexivă	1,29	Analiză și sinteză	Proiecte sociale	0,39
Auto-reflecție	Metacogniție și autoevaluare	0,86	Cooperare și negociere	Jocuri de rol	0,50
Adaptabilitate și comunicare	Învățare colaborativă	0,55	Respect reciproc	Dezbateri și discuții	0,82
Competență antreprenorială			Sensibilitate și conștientizare culturală		
Asumarea riscurilor	Învățare prin acțiune	1,28	Dialog intercultural	Proiecte internaționale	0,82
Analiză sistemică	Învățare problematizată	0,68	Înțelegerea diversității	Studii de caz	0,47
Conducere și organizare	Mentorat	0,57	Istoria științei	Analiza contribuțiilor culturale	0,48
Comunicare si rețele	Activități interactive	0,50	Empatie și înțelegere	Învățare colaborativă	0,55

1.2.2. Elementele constitutive ale competențelor de învățare pe tot parcursul vieții

Conform cadrului conceptual al competențelor stabilit de OCDE [184], domeniul CIPV poate fi grupat în trei mari direcții:

- *Relația cu mediul* – include capacitatea de a interacționa atât cu natura, cât și cu structurile sociale și tehnologice. În această categorie intră, de exemplu, comunicarea într-o limbă și utilizarea competențelor digitale.
- *Relația cu ceilalți* – se referă la modul în care indivizii colaborează și comunică în grupuri eterogene, respectând diversitatea și contribuind la dinamica colectivă.
- *Autonomie personală* – presupune abilitatea de a lua decizii independente, de a acționa responsabil și de a-și gestiona propriul parcurs de dezvoltare.

Modelul OCDE nu surprinde direct structura de bază a CIPV, care se organizează în două mari nuclee: Cunoaștere și Comunicare.

- În nucleul cunoașterii intră informațiile acumulate, procesele cognitive și deprinderile fizice, toate acestea influențând modul de raportare la mediu și la societate.
- În nucleul comunicării se regăsesc dimensiunile emoționale și sociale, indispensabile pentru interacțiunea umană.

Împreună, aceste două nuclee se suprapun peste tipurile de inteligență, cognitivă, emoțională, socială și kinestezică, ceea ce arată o legătură directă între CIPV și arhitectura inteligenței umane. Din această interconectare rezultă că orice competență CIPV se sprijină pe patru piloni fundamentali: cunoștințe, abilități, metacogniție și comunicare (vezi Fig. 1.1).

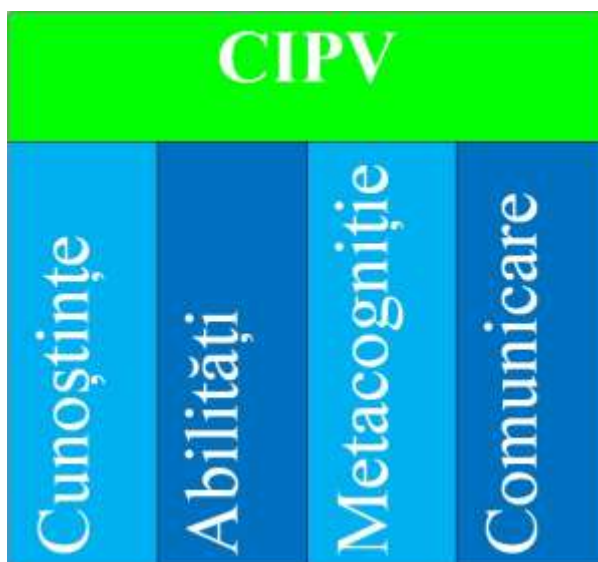


Fig. 1.1. Structura CIPV

În cadrul curriculumului de fizică [12], unitățile de competență sunt organizate pe o schemă standardizată, care nu se limitează la definirea obiectivelor, dar integrează și metodele didactice recomandate, conform Tabelului 1.2 și Tabelului 1.3. Astfel, fiecare unitate de competență este

însoțită de metode didactice specifice, care facilitează atingerea performanțelor vizate și consolidează legătura dintre obiectivele curriculare și practica pedagogică.

Tabelul 1.3 Unități de competență la tema „Forța – mărime fizică vectorială”

Unități de competență	Unități de conținut	Activități de învățare	Metoda didactică
Cunoștințe – nivel declarativ: recunoaște caracteristicile vectorului, diferențiază mărimi scalare și vectoriale	Forța ca vector; proprietăți ale vectorului; forțe coliniare; rezultanta forțelor	Exerciții de măsurare și reprezentare grafică pe hârtie milimetrică	Învățare prin cercetare
Abilități – nivel procedural: identifică mărimi vectoriale, le reprezintă grafic, adună vectori coliniari, asociază instrumente de măsurare		Analiza unei situații-problemă în grup	Învățare problematizată
Abilități metacognitive – nivel reflexiv: distinge între mărimi scalare și vectoriale, verifică validitatea afirmațiilor		Activități de evaluare și autoevaluare; dezbateri între grupuri	Învățare reflexivă
Abilități de comunicare – nivel expresiv: formulează concluzii și raționamente utilizând vocabular științific nou		Prezentarea concluziilor și argumentelor proprii	Învățare prin comunicare științifică

Obiectivele didactice se corelează direct cu unitățile de competență. Activitățile de învățare indică strategiile metodologice utilizate pentru formarea competenței de a învăța și a competenței de comunicare.

Pentru exemplificare, tema „Forța – mărime vectorială”, predată la nivel gimnazial, evidențiază modul în care componentele competențelor de învățare pe tot parcursul vieții se integrează într-o situație concretă de predare.

Planificarea lecției la tema „Forța – mărime vectorială” se inițiază prin formularea Ideilor Științifice Mari (ISM), conform principiului enunțat de Calalb [35]. O lecție trebuie să conducă la însușirea a trei sau patru ISM esențiale. Pentru tema examinată vom avea următoarele ISM:

- Forța este o mărime vectorială.
- Vectorul se definește prin lungime, direcție și punct de aplicare.
- Forțe și vectori coliniari.
- Rezultanta forțelor exprimă acțiunea simultană a mai multor vectori.

Subliniem că ISM corespund cu termenii noi din vocabular aferenți unității de conținut [12]. Pornind de la structura CIPV (Fig. 1.1), obiectivele lecției se formulează ca răspunsuri la întrebările: *ce trebuie elevul să știe, să poată, să înțeleagă și să explice* (vezi Tab. 1.3).

- Elevul va ști să caracterizeze un vector și să facă distincția între mărimi fizice scalare și vectoriale.
- Elevul va putea reprezenta grafic un vector, aduna vectorii coliniari și măsura forța cu dinamometrul.

- Elevul va înțelege diferența dintre mărimi scalare și vectoriale.

Cele trei seturi de cunoștințe, aptitudini și abilități constituie Clusterul Cunoașterii. Complementar, Clusterul Comunicării la tema „Forța – mărime vectorială” se definește prin includerea în vocabularul activ a noțiunilor menționate mai sus și construirea de raționamente logice folosind aceste noțiuni.

După definirea obiectivelor didactice ale lecției putem selecta setul de metode didactice cu ME înaltă, cum ar fi:

- Învățarea reflexivă (ME = 1,29)
- Metacogniția (ME = 0,86)
- Dezbateri și discuții (ME = 0,82)
- Învățarea colaborativă (ME = 0,82)

Aplicarea simultană a acestor metode generează un efect cumulativ, o sinergie didactică ce amplifică formarea competențelor.

Pentru aplicarea simultană a strategiilor didactice, elevii vor lucra în grup la analiza acțiunii mai multor forțe asupra unui corp, vor realiza reprezentări grafice și vor comunica rezultatele. Fiecare elev își va consemna concluziile în Jurnalul Personal.

Astfel, relația dintre CIPV și strategiile didactice arată că formarea acestora nu se reduce la utilizarea izolată a unor metode. Competențele se sprijină pe o arhitectură internă complexă, structurată în două clustere fundamentale ale Cunoașterii și Comunicării, susținute de acești patru piloni: cunoștințe, abilități, metacogniție și comunicare.

1.3 Învățarea prin cercetare ca paradigmă pedagogică pentru formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în fizică

Strategiile didactice de formare a CIPV țin de pedagogiile constructiviste, adică cele care pun pe primul plan efortul cognitiv al elevului, cum ar fi: învățarea prin cercetare, învățarea reflexivă, învățarea problematizată, învățarea prin colaborare. Din punct de vedere al evoluției paradigmelor educaționale de la memorizare până la înțelegere, cele mai eficiente strategii didactice țin de paradigma Învățării prin Înțelegere (*Learning by understanding*). Conform teoriei IPV, o strategie didactică cu atât este mai eficientă cu cât conține mai mult feedback [120]. Cu alte cuvinte, succesul academic al elevilor depinde de numărul de interacțiuni elev-profesor și elev-elev în clasă.

Un exemplu de pedagogie constructivistă care susține formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții este Învățarea Științelor prin Metoda Cercetării (ISMC), termen utilizat în

această teză ca echivalent conceptual al *Inquiry-Based Science Education (IBSE)* [37]. În cadrul ISMC se pune accent pe formarea înțelegerii conceptuale, ca rezultat al efortului de învățare al elevului ghidat de profesor. ISMC integrează conceptul Ideilor Științifice Mari (ISM), care structurează învățarea în jurul unor concepte fundamentale ale științei [118]. Trebuie să menționăm că învățarea prin cercetare are forma ciclică a învățării pe bază de proiect, unde fiecare proiect conține neapărat fazele 5E: stârnirea interesului și curiozității elevilor, explorarea conceptelor noi, explicarea conceptelor și consolidarea înțelegerii, aplicarea conceptelor, evaluarea înțelegerii conceptuale. Subliniem că aceste faze reflectă principiile pe care se construiește învățarea prin cercetare.

Astfel se conturează interdependența ISM și formarea CIPV în cadrul lecțiilor de fizică. Conceptul pedagogic ISM [118] este parte componentă a conceptului ISMC [37] sau a conceptului Învățării prin Cercetare, (*Inquiry-Based Learning, IBL*) [47]. ISM constituie nucleul conceptual al fiecărei lecții de fizică. Profesorul selectează trei–patru concepte esențiale, care funcționează simultan ca obiective cognitive în planul didactic al lecției și unitățile de competență din curricula [47]. Setul de ISM formează un lanț epistemic: lipsa unei verigi produce discontinuități în învățare și, ca finalitate a învățării, distorsionează reprezentarea realității. În acest mod, ISM sunt fundamentul înțelegerii conceptuale și al asimilării profunde a materiei, facilitând integrarea cunoștințelor noi. Reieșind din aceste considerente, ISM trebuie privite ca un mecanism de transfer al cunoașterii, un instrument prin care se realizează circulația și consolidarea conceptelor în procesul educațional [242].

Într-o abordare transdisciplinară, ISM din diferite discipline se intersectează și se condiționează mutual. Ele constituie punctul de plecare pentru formarea unei înțelegeri durabile și se află în relație directă cu CIPV. Prin aplicarea ISM, elevii obțin capacități de analiză, gândire critică, pot face conexiuni între domenii și explica fenomene din viața reală pe baza conceptelor teoretice.

Formarea CIPV presupune acumularea continuă de cunoștințe și abilități, iar definirea setului de ISM devine primul pas în planificarea unui proiect educațional. ISM fundamentează abilitățile de interacțiune cu cunoașterea (AIC), care se împart în două categorii [243]:

- Abilități fundamentale: observarea, măsurarea, clasificarea, comunicarea, deducerea, anticiparea.
- Abilități complexe: gândirea logică, planificarea, sintetizarea. Acestea includ: controlul variabilelor, elaborarea planului de cercetare, formularea ipotezelor, realizarea experimentelor, interpretarea datelor și construirea de modele pentru aplicare ulterioară.

AIC permit trecerea de la memorarea mecanică la paradigma învățării prin înțelegere. Această formă de învățare se concentrează pe înțelegerea conceptelor, dezvoltarea gândirii critice și aplicarea cunoștințelor în contexte practice. În consecință, AIC și învățarea prin înțelegere constituie fundamentul CIPV, întrucât includ competențe precum gândirea critică, rezolvarea de probleme, comunicarea eficientă și învățarea continuă prin adaptarea la noi tehnologii și contexte profesionale.

Totodată, învățarea prin înțelegere favorizează o atitudine pozitivă față de procesul educațional și stimulează interesul pentru învățarea pe tot parcursul vieții. Înțelegerea sensului fizic al noțiunilor studiate devine astfel sursa motivației și a atitudinii constructive, factori care, conform unor autori, pot influența performanța mai puternic decât nivelul de IQ [194].

O componentă definitorie a CIPV o constituie competența de a comunica, sau mai larg, abilitățile sociale. Acestea includ colaborarea între elevi, schimbul de feedback, analiza și discutarea rezultatelor activităților de grup, precum și prezentarea concluziilor. Atmosfera de empatie din clasă și intensitatea interacțiunilor elev–elev și elev–profesor susțin formarea acestor competențe, întrucât capacitatea de a oferi și primi feedback este o condiție esențială pentru dezvoltarea personală și profesională pe termen lung. Feedback-ul nu reprezintă doar un instrument de evaluare, ci o experiență de învățare cu valoare formativă. Prin implicarea activă în acest schimb, elevii își consolidează motivația, își dezvoltă abilitățile de comunicare și își formează o atitudine pozitivă față de învățare. Cercetările confirmă că feedback-ul, atunci când este integrat în activitatea didactică, are un impact semnificativ asupra progresului educațional [76].

Înțelegerea conceptuală a noțiunilor fizice presupune cultivarea smereniei intelectuale (Intellectual Humility). În lipsa acesteia, aroganța conduce la superficialitate, iar obediența la învățare mecanicistă. Smerenia intelectuală se află în relație directă cu CIPV [222] și se manifestă prin trei dimensiuni complementare:

1. Conștientizarea limitelor propria adică recunoașterea lacunelor de cunoștințe, identificarea insuficiențelor intelectuale și disponibilitatea de a reconsidera ideile personale.
2. Gestionarea disconfortului emoțional sau acceptarea emoțiilor generate de aceste limite, ajustarea nivelului de încredere în sine și transformarea vulnerabilității în resursă pentru progres.
3. Plăcerea de a învăța prin explorarea conceptelor noi, corectarea erorilor, apelul la sprijin extern, ascultarea argumentelor alternative, analiza dovezilor și orientarea către soluții corecte.

Astfel, smerenia intelectuală devine un pilon al învățării autentice, favorizând atât dezvoltarea cognitivă, cât și maturizarea atitudinală, și consolidând premisele pentru CIPV.

În corespundere cu teoria PIV, așa cum ISM au funcția de obiective cognitive, se recomandă ca ISM să fie: a) asumate de către elevi; b) inteligibile, adică înțelese de către elevi; c) ca obiectiv didactic – transparente pentru elevi. În acest context, profesorul are rolul de a monitoriza nu doar cantitatea, ci și calitatea înțelegerii materiei noi [39]. Această monitorizare se realizează prin evaluare formativă, care oferă indicii despre nivelul real de progres [11].

Un exemplu ilustrativ de strategie construită pe două componente conexe, feedback și evaluare formativă, este strategia didactică elaborată de Eric Mazur, Peer Instruction, sau Instruirea Mutuală (IM) [163]. În acest cadru, pentru a verifica modul în care elevii au interiorizat conceptele fundamentale, profesorul utilizează un sistem digital de răspuns. Evaluarea formativă în IM are un caracter preponderent calitativ, fiind centrată pe înțelegerea ideilor, nu pe reproducerea lor mecanică. Cercetările arată că rezultatele obținute prin colaborarea în grup depășesc constant performanța individuală, chiar și a celui mai bun elev, ceea ce demonstrează că interacțiunea și schimbul de feedback amplifică învățarea și consolidează înțelegerea [34].

În ceea ce privește lecțiile de fizică, cercetările arată că formarea CIPV este susținută de demersuri didactice centrate pe învățarea prin cercetare [40] pe organizarea cunoașterii în jurul ideilor științifice mari și înțelegerea conceptuală [35] și pe utilizarea feedback-ului formativ ca mecanism de reglare a învățării [119].

Analiza cadrului conceptual al competențelor a evidențiat faptul că învățarea fizicii nu poate fi redusă la acumularea de cunoștințe factuale, ci trebuie înțeleasă ca un proces complex, care integrează dimensiuni cognitive, metacognitive și comunicaționale. În această perspectivă, CIPV se conturează ca finalitate formativă transversală, care depășește granițele unei singure discipline și susține capacitatea elevului de a interacționa autonom și reflexiv cu cunoașterea științifică.

Particularitățile predării fizicii oferă un context privilegiat pentru formarea acestor competențe, prin natura conceptuală a conținuturilor, prin rolul argumentării și al reprezentărilor și prin necesitatea raportării constante la idei științifice mari. Lecția de fizică, organizată în jurul înțelegerii conceptuale și al feedback-ului formativ, favorizează nu doar asimilarea conținuturilor disciplinare, ci și dezvoltarea capacității elevilor de a analiza, explica și comunica fenomenele studiate, contribuind astfel la consolidarea competenței de a învăța și a competenței de comunicare.

În acest cadru, devine necesară investigarea modului în care aceste premise teoretice pot fi transpuse în practici didactice concrete și în modele pedagogice aplicabile în predarea fizicii. Astfel, fundamentele conceptuale și didactice conturate în prezentul capitol constituie punctul de plecare pentru analiza ulterioară a strategiilor și contextelor educaționale care susțin în mod sistematic formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții, precum și pentru evaluarea impactului acestora asupra procesului de învățare.

Rezultatele acestui capitol sunt prezentate în lucrările [48] „Strategii constructiviste de formare a competențelor de învățare pe tot parcursul vieții” și [70] „Redefining Physics in the Era of Competences: The Pillar of Developing Lifelong Learning Competences”.

1.4 Concluzii la Capitolul 1

Capitolul întâi a urmărit clarificarea și sistematizarea principalelor concepte utilizate în cadrul tezei. A fost descrisă evoluția conceptului de competență și au fost prezentate diferite tipuri și clasificări ale competențelor, inclusiv cele-cheie și cele de învățare pe tot parcursul vieții. Au fost analizate viziunile mai multor autori și documente de politică educațională asupra acestor competențe, precum și structura lor internă. De asemenea, a fost evidențiat rolul competențelor științifice în raport cu cele de învățare pe tot parcursul vieții, fiind analizate definiții, caracteristici și dimensiuni. În final, au fost identificate corelații între aceste competențe și metodele didactice eficiente pentru dezvoltarea lor la lecțiile de fizică. Astfel, reieșind din acestea expunem următoarele concluzii:

1. Este descrisă evoluția conceptului de competență, evidențiindu-se faptul că competențele reprezintă structuri complexe, care integrează cunoștințe, abilități, deprinderi, valori și atitudini, mobilizate contextual în situații concrete de activitate și învățare.
2. Sunt prezentate și analizate multiple tipuri și clasificări ale competențelor, formulate de diferiți autori, ceea ce evidențiază diversitatea abordărilor teoretice și dificultatea stabilirii unei definiții univoce a conceptului de competență în literatura de specialitate.
3. Este definit conceptul competențelor-cheie ca un set de cunoștințe, abilități și atitudini esențiale pentru dezvoltarea personală, profesională și pentru integrarea sau incluziunea socială. În acest context sunt analizate Cadrul european de referință pentru competențele-cheie pentru învățarea pe tot parcursul vieții, Cadrul conceptual al OCDE pentru definirea competențelor-cheie, precum și Codul educației al Republicii Moldova, evidențiindu-se convergența acestora.
4. Sunt analizate definițiile și viziunile diferiților autori asupra competențelor-cheie, fiind evidențiate atât elementele comune, cât și diferențele de accent conceptual, în funcție de contextul teoretic și educațional în care au fost formulate.
5. Este analizată evoluția istorică a conceptului competențelor de învățare pe tot parcursul vieții și este prezentată structura acestora, care include competențe cognitive, competențe sociale, competențe emoționale, competențe digitale și competențe de autoînvățare, subliniindu-se caracterul lor multidimensional și transversal.

6. Sunt identificate și sistematizate funcțiile de bază ale competențelor de învățare pe tot parcursul vieții, care determină adaptabilitatea individului la schimbările mediului personal și profesional, angajabilitatea prin dezvoltarea abilităților de învățare continuă, dezvoltarea holistică a individului, gradul de autonomie în învățare, dezvoltarea continuă în societate și integrarea învățării în contexte educaționale și sociale diverse.
7. Sunt analizate competențele științifice ca un set de cunoștințe, abilități și atitudini necesare pentru înțelegerea și aplicarea rațională a cunoașterii științifice. Este argumentat faptul că, deși competențele științifice urmăresc dezvoltarea unei înțelegeri profunde și aplicabile a științei în viața de zi cu zi, acestea constituie un fundament esențial pentru formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții.
8. Sunt prezentate definiții ale competențelor științifice formulate de Comisia Europeană, OCDE, National Research Council al SUA, precum și de standardele de competență și curriculumul școlar la fizică din Republica Moldova. Analiza acestor documente evidențiază structurarea competențelor științifice pe trei dimensiuni principale: dimensiunea cognitivă, dimensiunea operațională și dimensiunea atitudinală.
9. Sunt formulate caracteristicile de bază ale competențelor științifice, evidențiindu-se faptul că acestea sunt transferabile, cultivă gândirea critică și facilitează învățarea prin cercetare, în conformitate cu definițiile competențelor științifice formulate de autori internaționali și din Republica Moldova.
10. Sunt identificate abilitățile care contribuie la formarea fiecărei competențe-cheie și sunt prezentate metodele didactice considerate eficiente pentru dezvoltarea acestor abilități. Totodată, sunt evidențiate strategiile didactice care susțin dezvoltarea abilităților ce determină formarea competențelor-cheie.
11. Este analizată structura competențelor de învățare pe tot parcursul vieții care determină formarea competenței științifice, fiind evidențiate competența de învățare autonomă și competența de comunicare ca elemente centrale ale acestui proces.
12. Este analizată structura CIPV definită de OCDE și este argumentat faptul că această structură nu reflectă explicit existența a două cluster fundamentale. Pe această bază, autorul propune delimitarea clusterelor *Cunoașterea și Comunicarea*, în cadrul cărora sunt integrate cunoștințele și abilitățile fizice și cognitive, respectiv abilitățile emoționale și sociale, formulând concluzia că orice competență de învățare pe tot parcursul vieții se sprijină pe patru piloni: cunoștințe, abilități, metacogniție și comunicare.
13. Pe exemplul temei „Forța – mărime vectorială”, unitățile de competență sunt structurate în cunoștințe (știe), abilități (poate), abilități metacognitive (înțelege) și abilități de comunicare,

respectiv capacitatea de a formula și prezenta rezultatele propriei învățări. Pentru aceste unități de competență sunt propuse strategii didactice cu factor de impact ridicat, precum învățarea prin cercetare, învățarea problematizată și învățarea reflexivă.

14. Este analizată corelarea dintre competențele de învățare pe tot parcursul vieții și învățarea științelor prin metoda cercetării, fiind evidențiată interdependența dintre conceptul ideilor științifice mari și formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții la lecțiile de fizică.

15. Este argumentat faptul că ideile științifice mari stau la baza înțelegerii conceptuale și contribuie la formarea la elevi a AIC, de la abilități de bază precum observarea, măsurarea și clasificarea, până la abilități integrate precum gândirea logică, elaborarea planului de cercetare și formularea ipotezelor.

16. Sunt identificate și sistematizate o serie de aspecte relevante pentru formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții la lecțiile de fizică, dintre care se evidențiază flexibilitatea și adaptabilitatea profesorilor la învățarea continuă, dezvoltarea gândirii critice a elevilor, încurajarea învățării independente și a autoevaluării, utilizarea instrumentelor și platformelor digitale, precum și crearea unei atmosfere de învățare bazate pe colaborare și empatie.

Prin concluziile formulate, Capitolul 1 delimitează cadrul conceptual și teoretic al tezei în domeniul didacticii fizicii, clarificând sensurile, structurile și relațiile dintre competențele-cheie, competențele de învățare pe tot parcursul vieții și competențele științifice în contextul predării și învățării fizicii. Analiza definițiilor, clasificărilor și documentelor de politică educațională, precum și sistematizarea structurilor interne ale competențelor raportate la specificul cunoașterii fizicii, constituie baza conceptuală utilizată în dezvoltarea analizelor metodologice și empirice din capitolele următoare. Rezultatele obținute sunt valorificate în articole științifice și comunicări prezentate la conferințe naționale și internaționale de specialitate.

2. BAZELE METODOLOGICE DE FORMARE A COMPETENȚELOR DE ÎNVĂȚARE PE TOT PARCURSUL VIEȚII ÎN CADRUL LECȚIEI DE FIZICĂ ÎN GIMNAZIU

2.1 Formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în cadrul lecției de fizică

2.1.1. Cadrul conceptual pentru formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții prin metoda cercetării

Extinderea vertiginoasă a spațiului informațional și transformarea digitală a pieței muncii pune presiune permanentă asupra sistemelor de educație, impunând necesitatea unei mutații radicale de la paradigma acumulării de date la cea a formării competențelor. Această schimbare este impusă de realitatea unei lumi aflate în continuă transformare, în care previzionarea cerințelor viitoare devine din ce în ce mai dificilă. La fel cum multe dintre ocupațiile și profesiile actuale erau de neconceput acum trei decenii, astăzi nu putem anticipa cu precizie ce cunoștințe și abilități vor fi relevante atunci când generația actuală de tineri va ajunge la punctul culminant al parcursului profesional, momentul respectiv va marca apogeul carierei lor.

Cu toate acestea, două obiective esențiale ale procesului educațional rămân constante:

- a) dezvoltarea unei înțelegeri științifice asupra lumii și
- b) dobândirea competențelor necesare pentru învățarea pe tot parcursul vieții.

Primul obiectiv, dezvoltarea unei perspective științifice asupra realității, a reprezentat întotdeauna o prioritate în predarea fizicii și a altor științe ale naturii. Cel de-al doilea obiectiv, care va constitui subiectul principal al prezentei lucrări, se referă la formarea unor competențe-cheie în cadrul predării fizicii, cu accent pe exemple concrete din capitolul „Interacțiuni prin câmpuri”, predat în ultimul an de gimnaziu.

La nivel european, conceptul competențelor-cheie a fost introdus oficial în 2006 [200] și ulterior actualizat în 2018, odată cu publicarea unui nou cadru de referință pentru educație [199]. Acest cadru subliniază importanța integrării competențelor-cheie în procesul educațional, iar evoluția conceptului în context european și implementarea sa în dezvoltarea curriculară din Republica Moldova sunt analizate în detaliu în lucrarea [105].

Pentru a operaționaliza formarea competențelor-cheie în cadrul lecțiilor de fizică, este necesar să le analizăm prin prisma celor trei componente esențiale ale Cunoașterii:

- Cunoașterea teoretică (conceptuală) – înțelegerea conceptelor, modelelor, relațiilor și fenomenelor fizice; – fundamentarea explicativă a situațiilor de învățare.

- Cunoașterea praxiologică – abilități de aplicare practică a cunoștințelor pentru rezolvarea problemelor, investigație, experimentare, modelare;
- Cunoașterea axiologică – atitudini: dezvoltarea unor valori, motivații și comportamente adecvate; responsabilitate, perseverență, curiozitate științifică, etică a cercetării [199].

Deși este dificil să evaluăm în mod direct formarea unor competențe precum cele lingvistice, digitale sau antreprenoriale în cadrul lecțiilor de fizică, structura menționată mai sus ne permite să abordăm formarea competențelor-cheie într-o manieră integrată și specifică. În continuare, vom analiza modul în care aceste principii pot fi aplicate în procesul educațional, utilizând un exemplu concret din predarea capitolului „Interacțiuni prin câmpuri”.

În cele ce urmează, vom analiza dezvoltarea abilităților și atitudinilor relevante competențelor-cheie prin utilizarea strategiei didactice de Învățare a Științelor prin Metoda Cercetării (ISMC), cunoscută internațional sub denumirea de *Inquiry-Based Science Education*, *IBSE*. Această abordare educațională stimulează gândirea critică și creativitatea elevilor, având ca fundament cicluri de învățare bazate pe investigație. În esență, aceste cicluri ISMC sunt organizate sub forma unor proiecte de cercetare desfășurate de elevi [37; 118].

Să examinăm implementarea metodei ISMC pentru capitolul „Interacțiuni prin câmpuri” din curriculumul clasei a IX-a. Vom analiza modul în care aceste proiecte de învățare prin cercetare ale elevilor contribuie la dezvoltarea abilităților (de exemplu, formularea ipotezelor, aplicarea metodelor experimentale, interpretarea datelor) și a atitudinilor (cum ar fi curiozitatea științifică, perseverența, colaborarea) care stau la baza formării CIPV.

Contextul curricular și organizarea proiectelor ISMC

Conform structurii curriculare actuale, pentru predarea capitolului „Interacțiuni prin câmpuri” sunt alocate aproximativ 25-26 de ore, ceea ce corespunde unui interval de 12-13 săptămâni [12]. Dat fiind faptul că un proiect de cercetare ISMC are o durată medie de două săptămâni, este posibilă organizarea a patru astfel de proiecte de cercetare pe parcursul întregului capitol.

Să analizăm rolul proiectelor ISMC în formarea CIPV. Subliniem că prin organizarea activităților de cercetare ale elevilor care repetă modelul cercetării științifice, proiectele ISMC oferă un cadru pedagogic optim pentru dezvoltarea unor abilități precum:

- Formularea întrebărilor și ipotezelor: Elevii sunt provocați să identifice probleme relevante și să propună explicații posibile pe baza cunoștințelor anterioare.
- Proiectarea și desfășurarea experimentelor: Elevii învață să planifice metode experimentale riguroase, să colecteze date și să le interpreteze corect.

- Comunicarea rezultatelor: Proiectele includ etape de prezentare a concluziilor, ceea ce contribuie la dezvoltarea competențelor de exprimare clară și argumentare științifică [120].

Pe lângă abilități, proiectele ISMC cultivă atitudini esențiale, cum ar fi:

- Curiozitatea științifică: învățarea bazată pe investigație încurajează dorința de a înțelege fenomenele naturale și de a explora necunoscutul.
- Perseverența: prin confruntarea cu probleme complexe, elevii își dezvoltă reziliența și capacitatea de a depăși dificultățile.
- Colaborarea: activitățile de grup stimulează spiritul de echipă și învățarea prin colaborare.

Astfel acest model pedagogic, fundamentat pe ISMC, răspunde cerințelor contemporane ale educației, axându-se pe formarea unor competențe transferabile, necesare în procesul de învățare pe tot parcursul vieții.

Fiecare proiect de cercetare ISMC poate fi conceput astfel încât să integreze trei până la patru concepte științifice fundamentale sau ISM [38]. Aceste concepte vor fi abordate progresiv, permițând elevilor să-și dezvolte în mod integrat cunoștințele, abilitățile și atitudinile necesare învățării prin cercetare. În Tabelul 2.1 vom prezenta o propunere concretă pentru cele patru proiecte ISMC, incluzând și termenii științifici noi aferenți fiecăruia.

Tabelul 2.1 Proiecte ISMC la tema „Interacțiuni prin câmpuri” în clasa a IX-a

Proiectul ISMC	ISM
Câmpul gravitațional	Masa corpului, forța gravitațională și forța de greutate, intensitatea câmpului gravitațional și accelerația gravitațională.
Câmpul electrostatic	Sarcină electrică elementară, forța electrostatică, intensitatea câmpului electrostatic.
Câmpul electromagnetic	Inducția câmpului magnetic, forța Ampère, forța Lorentz.
Sistemul solar	Planete și sateliți, asteroizi, comete și meteoriți.

Un exemplu de proiect ISMC la tema ”Câmpul magnetic” este dat în Anexa 9.

În concluzie, utilizarea metodei ISMC în predarea capitolului „Interacțiuni prin câmpuri” demonstrează un potențial semnificativ în dezvoltarea atât a abilităților, cât și a atitudinilor subsecvente CIPV. Propunerea celor patru proiecte de cercetare, detaliată în Tabelul 2.1 oferă un exemplu practic al modului în care educația bazată pe cercetare poate fi integrată cu succes în procesul didactic. De asemenea trebuie să subliniem că ISM, prezente în Tab. 2.1, corelează cu elementele noi de limbaj științific, iar proiectele ISMC– cu unitățile de conținut.

Structura proiectelor de cercetare ISMC: Etape, roluri și impact educațional

Structura detaliată a proiectelor de cercetare sau a ciclurilor ISMC a fost descrisă în mod exhaustiv în lucrarea cercetătorului M. Calalb dintre autori [120]. În cele ce urmează, vom sintetiza componentele esențiale ale unui ciclu ISMC, care includ cinci faze fundamentale:

1. Întrebarea: Identificarea unei probleme sau a unei întrebări relevante care stârnește curiozitatea științifică a elevilor.
2. Ipoteza: Formularea unor presupuneri fundamentate pe baza cunoștințelor anterioare și a logicii.
3. Experimentul: Proiectarea și desfășurarea unui set de activități experimentale care să testeze ipoteza formulată.
4. Modelul: Elaborarea sau rafinarea unui model explicativ pe baza observațiilor și rezultatelor obținute.
5. Aplicarea: Utilizarea modelului creat pentru a explica fenomene similare sau pentru a rezolva probleme noi.

Organizarea elevilor în cadrul proiectelor ISMC

La modul practic, încadrarea elevilor în proiecte de învățare prin cercetare a fost detaliată în lucrarea [39] unde activitățile profesorului sunt structurate în trei etape principale, menite să sprijine procesul de învățare al elevilor:

- Formarea ideilor elevilor: Profesorul introduce contextul științific, stimulează curiozitatea elevilor prin întrebări provocatoare și facilitează formularea ipotezelor.
- Susținerea cercetării proprii a elevilor: Profesorul ghidează elevii în proiectarea experimentelor, oferă resurse și sprijin logistic și monitorizează progresul acestora.
- Ghidarea analizei și formulării concluziilor: Profesorul sprijină elevii în interpretarea rezultatelor, verificarea ipotezelor și formularea unor concluzii relevante.

Conform principiilor conceptului PIV, orice acțiune a profesorului trebuie să fie fundamentată pe feedback continuu [119]. Feedback-ul nu doar clarifică așteptările profesorului și ale elevilor, dar și optimizează randamentul procesului didactic, oferind elevilor direcții concrete pentru îmbunătățirea învățării.

Analizând activitățile elevilor în cadrul proiectelor ISMC, putem afirma că elevii sunt implicați în trei tipuri principale de activități, care contribuie la dezvoltarea CIPV:

1. Efectuarea cercetării propriu-zise în cadrul lucrului în grup: Elevii colaborează pentru a realiza experimente, aplicând metode științifice riguroase.
2. Înregistrarea rezultatelor: Observațiile, datele și concluziile preliminare sunt documentate în mod sistematic.
3. Analiza și dezbaterile rezultatelor: Elevii discută în echipe și cu profesorul despre concluziile obținute, comparându-le cu ipotezele formulate.

În ce privește metacogniția și impactul ei în cadrul proiectelor ISMC subliniem că există două aspecte esențiale din activitățile elevilor care contribuie în mod direct la dezvoltarea competențelor metacognitive:

- Efortul de învățare: Activitățile de cercetare presupun un proces activ de descoperire și înțelegere, consolidând astfel implicarea elevilor și gândirea lor reflexivă [36].
- Comunicarea elev-profesor și între elevi: Dezbaterile și schimburile de idei dezvoltă abilitățile de argumentare, colaborare și învățare prin interacțiune [40].

Astfel structura proiectelor ciclice ISMC, bazată pe faze clare și bine definite, oferă un cadru pedagogic eficient pentru dezvoltarea CIPV la elevi. Rolul activ al profesorului în facilitarea învățării, împreună cu implicarea elevilor în activități de cercetare, încurajează nu doar achiziția de cunoștințe, ci și formarea de abilități și atitudini esențiale pentru învățarea pe tot parcursul vieții. Feedback-ul continuu și accentul pe metacogniție asigură un impact educațional durabil, consolidând atât performanțele academice, cât și dezvoltarea personală a elevilor.

2.1.2. Corelarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții cu competențele specifice fizicii ca disciplină școlară

În literatura de specialitate și documentele de politici educaționale, competențele-cheie sunt prezentate sub diverse denumiri: competențe de bază, competențe esențiale, competențe pentru secolul XXI sau competențe globale. Aceste terminologii reflectă accentul pus pe formarea unor abilități și atitudini care să asigure o învățare continuă, transferabilă și adaptată provocărilor societății contemporane. Gradul de adaptare al sistemului educațional la aceste competențe este deseori evaluat prin programe internaționale, precum PISA (Programme for International Student Assessment), organizate periodic de OCDE [182]. Rezultatele evaluărilor PISA scot în evidență dificultăți semnificative în rândul elevilor din Republica Moldova în ceea ce privește competențele fundamentale:

- La citire: Aproximativ unul din trei adolescenți de 15 ani nu poate identifica ideea principală a unui text sau nu poate extrage o informație specifică, conform unui criteriu dat.
- La matematică: Fiecare al doilea elev nu reușește să rezolve probleme simple, precum calcularea prețului într-o altă valută, compararea lungimii rutelor între două localități sau interpretarea informațiilor dintr-un tabel sau grafic.
- La științe: Mai mult de jumătate dintre elevi (58%) nu pot utiliza cunoștințele lor de zi cu zi pentru a interpreta datele unei experiențe simple efectuate în timpul lecției. Totodată, aceștia întâmpină dificultăți în formularea întrebărilor științifice sau în deducerea concluziilor bazate pe cunoștințele acumulate.

Performanțele slabe ale elevilor moldoveni în domeniul științelor sugerează că actualele metode didactice nu reușesc să faciliteze dezvoltarea competențelor necesare. În special, lipsa unei învățări active și participative, bazate pe cercetare și experimentare, indică faptul că predarea fizicii nu este pe deplin aliniată cerințelor pentru competențe-cheie. Aceste date ilustrează că procesul de predare-învățare este adesea opac pentru elevi, mai ales din cauza lipsei feedback-ului constant și a unei abordări centrate pe competențe [2; 92]. Elevii nu sunt suficient sprijiniți pentru a integra cunoștințele teoretice în contexte practice sau pentru a dezvolta abilități de rezolvare a problemelor [109]. În mod evident, rezultatele subliniază necesitatea reformării procesului didactic, astfel încât acesta să fie axat pe dezvoltarea competențelor transferabile [115; 213].

Amintim că o definiție comprehensivă a competenței, oferită de OCDE, susține că aceasta reprezintă: „Capacitatea de a mobiliza cunoștințe, abilități, atitudini și valori, alături de o abordare reflexivă a proceselor de învățare, pentru a se implica și a acționa în lume” [184]. Această definiție subliniază importanța unui proces educațional care nu doar transmite cunoștințe, ci și formează abilități sustenabile de învățare, esențiale pentru adaptarea continuă la noile cerințe ale societății.

Fizica, ca disciplină școlară, oferă un cadru unic pentru dezvoltarea CIPV la elevi. Prin natura sa, fizica asigură integrarea cunoștințelor epistemologice cu cele praxiologice și axiologice. Astfel, în contextul competențelor definite de OCDE, predarea fizicii ar trebui să respecte următoarele principii:

- Aplicarea cunoștințelor în contexte reale, cum ar fi interpretarea fenomenelor naturale sau rezolvarea situațiilor de problemă.
- Dezvoltarea abilităților de analiză și de experimentare, oferindu-le elevilor oportunități să învețe prin descoperire și cercetare.
- Cultivarea atitudinii pozitive față de învățare și știință, precum și o abordare reflexivă asupra proceselor de învățare, permițând elevilor să-și evalueze progresul și să-și ajusteze strategiile.

În cadrul disciplinei școlare fizica, competențele specifice definite în documentele curriculare oferă un punct de plecare pentru corelarea cu competențele-cheie, așa cum sunt acestea descrise de OCDE. De exemplu, competența de „analiză și interpretare a datelor și informațiilor referitoare la fenomenele fizice simple și la aplicațiile tehnice ale acestora, manifestând gândire critică” [12] este aliniată în mod direct definiției OCDE privind competențele: mobilizarea cunoștințelor, abilităților și atitudinilor pentru a acționa în lume [182]. Această competență pune accent pe gândirea critică, un aspect central al procesului de învățare pe tot parcursul vieții.

Alte competențe din lista specifică disciplinei fizicii, cum ar fi: „Identificarea și descrierea fenomenelor fizice”, „Gestionarea cunoștințelor și a capacităților pentru rezolvarea unor situații problematice”, sunt similare cu competențele-cheie de utilizare interactivă a cunoașterii și

informației, așa cum sunt definite de OCDE. Acestea se referă la capacitatea de a aplica cunoștințele teoretice în contexte practice, de a extrage informații relevante și de a propune soluții pentru situații necunoscute.

În această cercetare, competența științifică și competențele specifice fizicii constituie cadrul disciplinar în care se formează CIPV, fără a se identifica însă cu acestea. Componentele cunoașterii analizate ulterior descriu mecanismele cognitive implicate în acest proces de formare.

Un aspect esențial al competențelor-cheie, reflectat și în competențele fizicii, este dezvoltarea competențelor metacognitive – capacitatea de a învăța să înveți. Aceasta include:

- Identificarea sursei potrivite de informație pentru rezolvarea unei probleme;
- Alegerea metodei adecvate pentru rezolvarea unei situații noi, bazându-se pe experiența și cunoștințele anterioare;
- Reflecția asupra procesului de învățare, pentru a îmbunătăți performanțele ulterioare.

Astfel de competențe reprezintă baza pentru învățarea continuă, adaptabilă, care permite individului să facă față provocărilor dinamice ale unei lumi aflate în continuă schimbare [182]. Dezvoltarea acestor competențe-cheie, inclusiv a celor metacognitive, este realizabilă în mod eficient prin utilizarea metodelor de învățare bazate pe cercetare științifică exploratorie. Proiectele ISMC, integrate în procesul educațional încă de la niveluri timpurii, contribuie la:

1. Formarea gândirii critice prin analiză, interpretare și argumentare;
2. Dezvoltarea abilităților practice și aplicarea cunoștințelor teoretice în contexte concrete;
3. Crearea unui cadru activ de învățare în care elevii devin participanți activi în procesul educațional, nu doar receptori pasivi ai informației [59].

Astfel, proiectele ISMC permit elevilor să experimenteze, să investigheze și să rezolve probleme reale, consolidând legătura dintre teorie și practică. În plus, proiectele contribuie la formarea unor astfel de deprinderi esențiale pentru învățarea pe tot parcursul vieții, cum ar fi autonomia în învățare și colaborarea eficientă în grup. Menționăm că competența de „a învăța să înveți” se regăsește atât în Curriculumul național [12], cât și în Codul educației din Republica Moldova [149], ca obiectiv central al procesului educațional. În acest context, predarea fizicii oferă o platformă ideală pentru formarea CIPV prin natura sa interdisciplinară și aplicabilitatea largă a conceptelor studiate.

Trebuie să subliniem că integrarea competențelor metacognitive și a gândirii critice în procesul educațional nu este doar o cerință curriculară, ci și o necesitate practică, având în vedere provocările globale și cerințele societății contemporane. Educația bazată pe competențe permite elevilor să devină cetățeni activi și responsabili, capabili să navigheze complexitatea lumii moderne.

Formarea CIPV în cadrul proiectului ISMC „Câmpul magnetic” presupune parcurgerea etapelor într-o succesiune clară. Proiectul urmărește dezvoltarea la elevi a trei ISM: inducția câmpului magnetic, legea lui Ampère și efectul Lorentz. La începutul activității, elevii trebuie să dobândească înțelegerea sensului fizic al acestor concepte. Ulterior, aproximativ două treimi din timpul proiectului sunt dedicate consolidării cunoștințelor, transformându-le în achiziții durabile, fundamentale pentru CIPV. Conform principiilor IM [67], introducerea unei noi noțiuni științifice este posibilă doar dacă, în cadrul evaluării formative, peste 70% dintre elevi răspund corect la o întrebare conceptuală – de regulă, una calitativă.

În continuare prezentăm exemple de astfel de întrebări conceptuale, menite să verifice gradul de înțelegere și să faciliteze progresul către noile concepte.

Întrebarea conceptuală 1. În Fig. 2.1 este reprezentat un conductor parcurs de curentul I și plasat într-un câmp magnetic cu inducția $\vec{B}$. Arătați cum este orientată forța electromagnetică și argumentați-vă răspunsul.



Fig. 2.1 Întrebare conceptuală la inducția electromagnetică.

Răspunsul corect este dat în Fig. 2.2. Conform regulii mâinii stângi forța care acționează din partea câmpului magnetic $\vec{B}$ asupra curentului I este perpendiculară pe acești doi vectori.

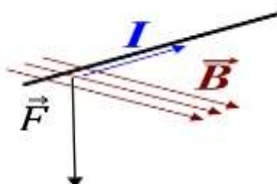


Fig. 2.2 Răspunsul la întrebarea conceptuală legată de inducția electromagnetică.

Întrebarea conceptuală 2. Două conductoare mobile, se află sub un unghi α unul față de celălalt. Ce se va întâmpla cu ele la conectarea curenților electrici I_1 și I_2 ?

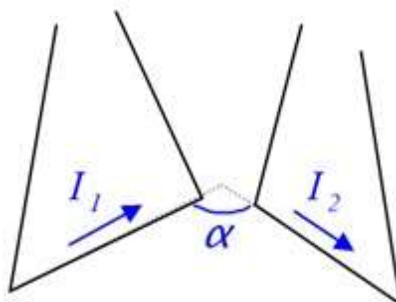


Fig. 2.3 Întrebare conceptuală la forța Ampère.

Răspunsul corect este dat în Fig. 2.4. Conductoarele se vor apropia reciproc deoarece curenții I_1 și I_2 sunt opus orientați.

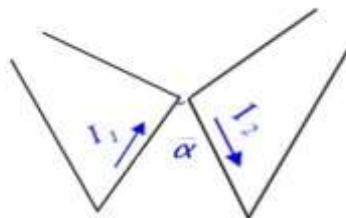


Fig. 2.4 Răspunsul la întrebarea conceptuală legată de forța Ampère.

Întrebarea conceptuală 3. Arătați cum este orientat câmpul magnetic dacă o particulă încărcată negativ este deviată spre stânga la intrarea ei în acest câmp magnetic.

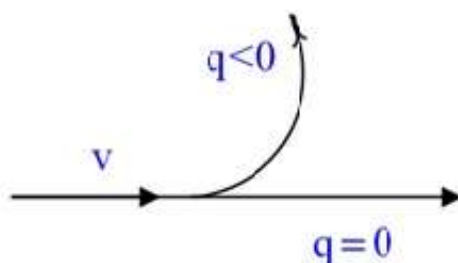


Fig. 2.5 Întrebare conceptuală la forța Lorentz.

Răspunsul corect este dat în Fig. 2.6.

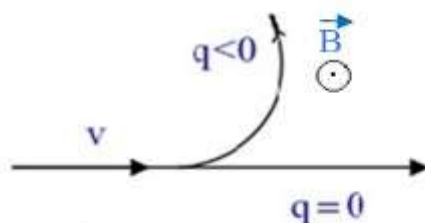


Fig. 2.6 Răspunsul la întrebarea conceptuală legată de forța Lorentz.

Metoda IM presupune ca, înainte de formularea răspunsului la o întrebare conceptuală, profesorul să ofere elevilor un interval scurt, aproximativ un minut și jumătate, pentru dezbateri în grup. Acest moment de dialog are rolul de a transforma noțiunile științifice nou introduse în elemente active ale limbajului elevilor. În cadrul acestor discuții, reprezentările intuitive și non-științifice ale elevilor se confruntă cu explicațiile riguroase ale fizicii. Din această interacțiune pot apărea blocaje logice, care uneori frânează progresul cognitiv, chiar dacă metoda aplicată are caracter constructivist [99]. Este important de subliniat că elevul nu renunță automat la concepțiile sale inițiale: adoptarea unor explicații științifice noi depinde de decizia personală a fiecărui participant. Tocmai de aceea, efortul cognitiv individual și implicarea activă în proiectul ISMC

devin factori esențiali pentru ca ISM să fie interiorizate și acceptate ca propriile concepții ale elevului.

Rezultatele obținute prin evaluarea formativă utilizând sistemul digital Turning Point sunt prezentate în Anexa 10.

Pe lângă întrebările conceptuale, un alt instrument de consolidare a CIPV îl constituie hărțile conceptuale sau semnalele de reper. Pentru a stimula un efort cognitiv suplimentar și pentru a valorifica diverse tipuri de inteligență, este esențial ca elevii să construiască ei înșiși aceste repere [91; 256]. Elaborarea hărților conceptuale se poate realiza pornind de la concluziile paragrafului, din casetele cu text sau din figurile manualului. Deoarece această activitate presupune lucrul direct cu manualul, se poate afirma că familiarizarea elevilor cu metoda conduce la formarea unei competențe esențiale pentru învățarea pe termen lung: capacitatea de a interacționa cu textul, simbolurile și limbajul științific. Astfel se evidențiază caracterul transdisciplinar al competențelor și interdependența lor.

În figura 2.7 este ilustrat un semnal de reper pentru proiectul ISMC „Câmpul magnetic”. Principala cerință pentru un asemenea reper este simplitatea, în concordanță cu conceptul ISM – nu mai mult de trei-patru noțiuni noi într-un proiect ISMC. Această abordare facilitează înțelegerea termenilor științifici și optimizează timpul, care poate fi utilizat pentru analiza rezultatelor obținute la evaluarea formativă.

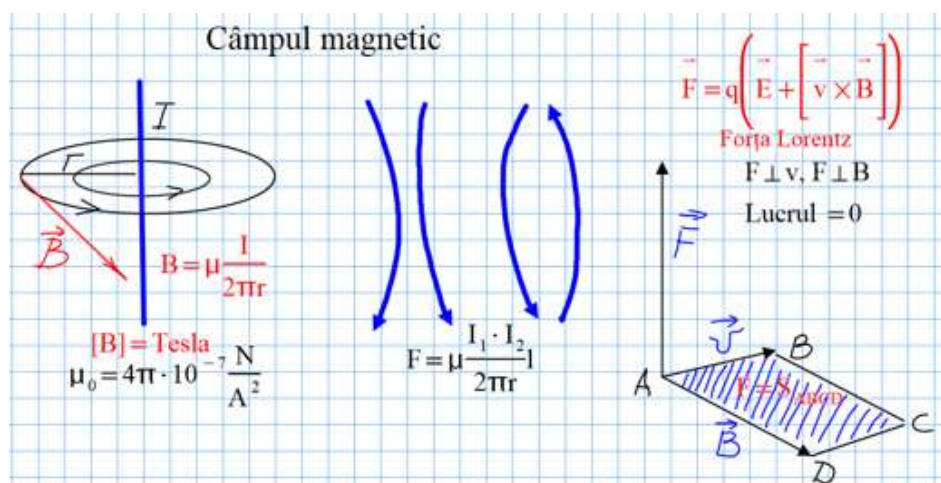


Fig. 2.7 Exemplu de semnal de reper la tema "Câmpul magnetic".

2.2 Abordarea integrată pentru dezvoltarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în cadrul lecțiilor de fizică

2.2.1. Strategii didactice pentru dezvoltarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții la lecția de fizică

Școala joacă un rol esențial în echiparea elevilor cu cunoștințe și CIPV astfel încât aceștia să poată învăța continuu pe parcursul întregii lor vieți. Pentru a atinge acest obiectiv, conceptul de CIPV trebuie să fie integrat în curriculumul școlar. Vom defini principiile formării CIPV în cadrul lecțiilor de fizică și vom stabili un cadru general pentru realizarea acestora. Vom începe cu analiza corelației dintre CIPV și curriculumul școlar. În acest context, propunem patru momente de referință care ilustrează această corelație:

Integrarea CIPV în curriculumul școlar. Curriculumul școlar ar trebui să includă dezvoltarea CIPV ca un obiectiv fundamental. Acesta presupune aplicarea metodelor didactice care să sprijine dezvoltarea gândirii critice, rezolvării de probleme, alfabetizarea digitală și comunicarea eficientă. Elevii nu trebuie doar să învețe conținut, ci și să învețe cum să învețe și să se adapteze la noile provocări. De exemplu, acest lucru se întâmplă deja în manualele școlare de fizică din România și Republica Moldova, care conțin secțiuni precum *Observă*, *Experimentează*, *Memorizează*, *Aplică* – în manualul românesc, respectiv *Soluționează situația*, *Verifică-ți cunoștințele*, *Analizează situația* – în manualul moldovenesc [221; 16]. Aceste secțiuni reflectă o metodologie activă de învățare care sprijină dezvoltarea CIPV.

Adaptarea curriculumului la necesitățile societale în schimbare. Curriculumul școlar are rolul de a promova să evolueze pentru a se alinia cerințelor în continuă schimbare ale forței de muncă și ale societății. Pe măsură ce tehnologia avansează, școlile trebuie să își adapteze programele pentru a se asigura că, la finalizarea studiilor, elevii vor avea competențele necesare pe piața muncii actuale și viitoare. Deși curriculumul școlar pentru fizică din Republica Moldova pune accent pe unitățile de competență și abilitățile elevului (de exemplu, există obiective clare pe care elevul trebuie să le atingă la sfârșitul fiecărui an de studiu) [12, 171], iar manualele tradiționale sunt percepute ca fiind mai puțin utile, deoarece nu oferă suficientă contextualizare practică și nu sunt aliniate cu stilurile moderne de învățare [204]. Această discrepanță între obiective și conținut indică necesitatea de adoptarea a unui curriculum flexibil, centrat pe învățare activă și pe aplicabilitate practică [112].

Promovarea învățării autonome. CIPV pun un accent semnificativ pe învățarea autonomă. Curriculumul școlar trebuie să promoveze autonomia și o mentalitate de învățare permanentă, încurajând elevii să își asume responsabilitatea pentru propriul parcurs educațional și să dezvolte

abilitatea de a stabili și urmări obiectivele lor de învățare dincolo de cadrul școlar [180]. Gradul de autonomie al elevului în procesul de învățare este un factor determinant al succesului său academic. Astfel autonomia percepută de elevi în procesul de învățare este asociată cu o implicare cognitivă mai profundă și cu performanțe academice superioare [219]. Acesta se materializează atunci când există o clarificare a obiectivelor de învățare, care ghidează activitățile educaționale [39, 145]. Astfel, învățarea autonomă contribuie nu doar la îmbunătățirea abilităților academice, ci și la formarea unor competențe esențiale pentru carierele viitoare ale elevilor, care necesită adaptabilitate și autoorganizare.

Evaluarea și recunoașterea competențelor. Curriculumul școlar ar trebui să includă, de asemenea, mecanisme pentru evaluarea și recunoașterea competențelor. Aceste mecanisme ar putea include evaluări regulate ale abilităților de rezolvare a problemelor, alfabetizării digitale și abilităților de comunicare [248]. Recunoașterea și valorizarea acestor competențe în cadrul educației formale poate motiva elevii să le dezvolte și să le mențină pe parcursul întregii lor vieți. În ce mod se pot analiza și evalua cunoștințele procedurale, interesul pentru situațiile problemă și atitudinile, a fost abordat în lucrarea [46]. Evaluarea corectă a acestor competențe este esențială pentru a sprijini dezvoltarea lor continuă și pentru a asigura faptul că elevii sunt pregătiți să facă față provocărilor educaționale și profesionale viitoare.

În esența lor, strategiile didactice orientate spre formarea CIPV sunt de natură constructivistă, deoarece dacă ne propunem să formăm și să dezvoltăm abilități și competențe, atunci trebuie să punem accentul pe învățarea activă. Totuși, nu orice activitate tumultuoasă a elevilor în clasă reprezintă învățare activă, deoarece simpla acțiune nu echivalează automat cu înțelegerea profundă. Vom analiza acum câteva elemente fundamentale ale unei strategii didactice centrate pe formarea CIPV, utilizând exemplul concret al capitolului „Lucrul. Puterea. Energia mecanică” din manualul moldovenesc de fizică de clasa a VII-a. Conform rezultatelor teoriei PIV [119], una dintre cele mai eficiente strategii didactice este învățarea reflexivă, care are ME asupra performanțelor academice al elevilor egală cu 1,29 (comparativ cu învățarea frontală sau tradițională, predată de un profesor experimentat timp de doi ani, care are ME=0,4). Să examinăm trei exemple de procedee didactice care integrează învățarea reflexivă în lecția de fizică:

Jurnalul reflexiv. Propunem elevilor să descrie în jurnalele lor reflexive o situație concretă din viața lor de zi cu zi în care au aplicat conceptul de lucru. De exemplu, ridicarea unor bagaje, practicarea unui sport sau chiar ținerea în mână a unei cărți. Încurajăm elevii să descrie ce cred despre forța aplicată, distanța parcursă și lucrul rezultat. Acest exercițiu le permite elevilor să reflecteze asupra conceptelor învățate și să le aplice în contextul lor cotidian.

Elaborarea și prezentarea unui poster. Aceasta este o formă de muncă prin colaborare în care împărțim clasa în grupuri mici și îi instruiem să creeze și să prezinte un poster. Elevii explică modul în care au calculat lucrul efectuat într-o anumită situație (aleasă de ei sau sugerată de profesor). În acest caz, elevii sunt puși în situația de a crea hărți conceptuale [91], ceea ce contribuie la consolidarea înțelegerii lor teoretice.

Aplicarea simulărilor virtuale. Propunem elevilor să folosească platforme precum *phet.colorado.edu/ro/simulations* sau *vascak.cz* și le solicităm să exploreze diferite scenarii (de exemplu, ridicarea obiectelor, utilizarea planurilor înclinate sau aplicarea de forțe pentru a mișca obiecte). Elevii manipulează variabile precum forța și distanța și observă lucrul rezultat. Ei își înregistrează observațiile și constatările, iar în cadrul discuțiilor își prezintă observațiile și concluziile. Astfel, această activitate sprijină o înțelegere conceptuală mai profundă prin învățarea practică, reflecție și comunicare. În Tabelul 2.2 este arătat un exemplu de colectare a datelor măsurătorilor, iar un exemplu de simulare la tema ”Lucrul mecanic” este dat în figura 2.8.

Tabelul 2.2 Exemplu de colectare a datelor măsurătorilor la tema ”Lucrul mecanic”

Nr. măsurării	Masa, kg	Forța, N	Deplasarea, m	Lucrul, J
1	10	48	0.27	7.7
2	10	44.9	0.52	6.5
3	10	41.8	0.67	5.3

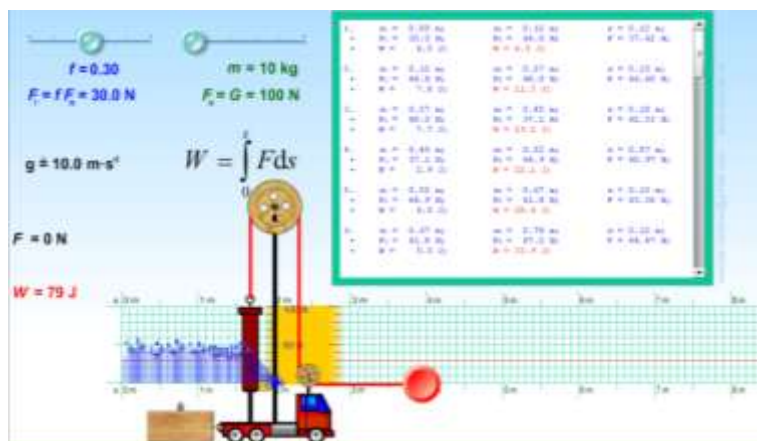


Fig. 2.8 Simulare vascak.cz la tema ”Lucrul mecanic”.

Autoevaluarea. O altă strategie eficientă este autoevaluarea, care, conform PIV are ME= 0,86. În general, orice strategie bazată pe metacogniție va fi foarte eficientă. Vom prezenta acum două exemple de strategii bazate pe autoevaluare în cadrul lecțiilor de fizică:

- *Autoevaluarea propriu-zisă.* Le oferim elevilor un set de probleme legate de energia mecanică pe care să le rezolve individual și să își evalueze soluțiile și raționamentele folosind marcate precum „Corect”, „Parțial corect” și „Greșit”. După aceasta, le cerem să furnizeze

explicații scurte pentru autoevaluarea lor. Apoi, în cadrul unei discuții de clasă, elevii reflectează asupra erorilor comune și asupra strategiilor pe care le-au utilizat pentru a îmbunătăți abilitățile lor de rezolvare a problemelor.

- *Întrebări metacognitive.* În timpul discuțiilor de clasă sau a sesiunilor de rezolvare a problemelor legate de Energia mecanică, încurajăm elevii să pună întrebări metacognitive care se concentrează pe procesele lor de gândire, cum ar fi „Cum am ajuns la această soluție?” sau „Ce presupuneri am făcut?”. Elevii pot ține un „jurnal al întrebărilor metacognitive” în care să înregistreze aceste întrebări și procesele lor de gândire pe parcursul activităților educaționale. După completarea unei sarcini de învățare, le cerem elevilor să își revizuiască întrebările și răspunsurile metacognitive pentru a evalua gradul lor de conștientizare a propriului proces de învățare. În final, îi provocăm să reflecteze asupra modului în care aceste întrebări i-au ajutat să își îmbunătățească înțelegerea și abilitățile de rezolvare a problemelor și să stabilească obiective pentru a pune întrebări metacognitive mai eficiente în viitor.

Învățarea problematizată este un alt exemplu de strategie eficientă cu mărimea efectului de 0,68 [119], care facilitează dobândirea de cunoștințe specifice domeniului și cultivă CIPV, care sunt valoroase nu doar în mediul academic, dar și în diferite aspecte ale vieții și muncii, mult după terminarea școlii, cum ar fi abilități de învățare autoghidată, colaborare și comunicare, și gândire critică. Să prezentăm acum în Tab.2.3 și Tab.2.4 două exemple de scenarii, elaborate pe baza modelului 5E [30], pentru elevii clasei a VII-a care se concentrează pe dezvoltarea abilităților de gândire critică în cadrul învățării problematizate.

Tabelul 2.3 Scenariu de dezvoltare a gândirii critice în cadrul activității experimentale.

Scenariul 1	Activitatea experimentală
Obiectiv	Investigarea modalității de utilizare a pârgheiei, planului înclinat și scripetelui mobil și fix
Angajare (Engage)	Profesorul introduce conceptele teoretice de bază privind pârghia, planul înclinat și scripetii (fix și mobil). Elevii sunt provocați să discute despre forța activă și rezistentă, precum și despre câștigul în forță, prin întrebări deschise și exemple din viața reală. Se urmărește activarea cunoștințelor anterioare și stimularea curiozității.
Explorare (Explore)	Elevii sunt organizați în grupuri și primesc sarcini de investigație, precum: - Cum putem ridica un obiect greu folosind cât mai puțin efort? - Ce diferență este între utilizarea unei pârghii și a unui plan înclinat? - Cum poate fi maximizat câștigul în forță? Elevii desfășoară experimente folosind materiale simple: bare, plăci, scripeți, greutatea etc.
Explicare (Explain)	După colectarea datelor, elevii discută în grupuri observațiile și calculele realizate. Analizează câștigul în forță și eficiența mecanismelor utilizate. Profesorul ghidează procesul de formulare a explicațiilor științifice corecte, introducând termenii specifici acolo unde este nevoie.

Elaborare (Elaborate)	Grupurile își prezintă concluziile în fața clasei. Se organizează o discuție moderată de profesor, în care elevii compară rezultatele, identifică eventualele diferențe și reflectează asupra aplicabilității practice a mecanismelor studiate. Se pot propune noi situații problemă pentru aplicarea cunoștințelor în contexte extinse.
Evaluare (Evaluate)	Se evaluează: - acuratețea măsurărilor și calculelor realizate; - corectitudinea și claritatea concluziilor; - utilizarea adecvată a terminologiei specifice; - implicarea activă în procesul de investigare și prezentare. Evaluarea poate include autoevaluare, evaluare între colegi și evaluare de către profesor.

Tabelul 2.4 Scenariu de dezvoltare a gândirii critice în cadrul Proiectului tehnologic.

Scenariul 2	Proiect tehnologic
Obiectiv	Elevii proiectează și construiesc un dispozitiv folosind un sistem de pârghii, planuri înclinate și scripeți pentru a îndeplini o sarcină specifică.
Angajare (Engage)	Profesorul prezintă un scenariu practic: construirea unui mini-sistem de ridicare pentru mutarea unor obiecte într-un spațiu de depozitare. Elevii sunt provocați să identifice problemele implicate și să discute posibile soluții tehnice folosind pârghii, scripeți și planuri înclinate. Se stimulează curiozitatea și se activează cunoștințele anterioare.
Explorare (Explore)	Elevii, organizați în grupuri, formulează idei pentru proiect. Realizează schițe și planuri detaliate ale dispozitivului, analizând modul în care elementele mecanice pot fi combinate eficient. Se încurajează gândirea divergentă și colaborarea.
Explicare (Explain)	Pe măsură ce încep construcția, elevii aplică cunoștințele despre forță, eficiență și mecanisme simple. Discută în grupuri cum funcționează fiecare element și ce rol are în ansamblul dispozitivului. Profesorul ghidează explicarea principiilor fizice implicate.
Elaborare (Elaborate)	Elevii construiesc efectiv dispozitivul folosind un set limitat de materiale. Testează funcționalitatea, identifică probleme, aduc îmbunătățiri și adaptează designul. Învăță din greșeli și rafinează produsul final. Este o fază de aplicare, extindere și optimizare.
Evaluare (Evaluate)	Fiecare grup își prezintă dispozitivul și explică modul de funcționare. Se reflectează asupra provocărilor întâlnite, soluțiilor găsite și lecțiilor învățate. Evaluarea se face pe baza: - funcționalității și eficienței dispozitivului; - originalității soluției; - colaborării în echipă și clarității comunicării; - aplicării corecte a conceptelor științifice.

2.2.2. Abordări educaționale integrate pentru formarea CIPV

Studiul fizicii este adesea perceput de elevi ca fiind dificil, abstract și deconectat de realitatea cotidiană. Această percepție negativă este susținută de cercetări care evidențiază slaba motivație intrinsecă, dificultăți în conceptualizarea noțiunilor științifice și transferul precar al cunoștințelor în contexte noi [106; 249]. Explicațiile teoretice sunt adesea înțelese superficial, fără o ancorare în reprezentări vizuale, experiențe directe sau raționamente proprii ale elevilor. De asemenea, studiile recente subliniază faptul că dificultățile de învățare în fizică nu dispar odată cu trecerea la niveluri

educaționale superioare, fiind întâlnite și în rândul studenților sau chiar al profesorilor [174]. Lipsa conexiunilor între conceptele abstracte și experiențele elevului limitează dezvoltarea competențelor de gândire critică și afectează capacitatea de aplicare a cunoștințelor în rezolvarea de probleme sau în înțelegerea fenomenelor din viața reală [72; 130].

Metodele tradiționale de predare a fizicii, centrate pe transmiterea de conținut și reproducerea de formule, s-au dovedit inefficiente în formarea unei înțelegeri conceptuale solide. Lecțiile bazate pe expunere frontală și memorare favorizează acumularea mecanică de informații, fără a stimula gândirea reflexivă sau aplicarea creativă a cunoștințelor [22; 35]. Cercetările arată că deși unii elevi reușesc să obțină rezultate bune la testări standardizate, aplicate în cadrul instruirii tradiționale, aceștia întâmpină dificultăți majore atunci când sunt puși în fața unor sarcini care necesită aplicarea cunoștințelor în contexte noi sau rezolvarea de probleme autentice [206].

În contrast, strategiile de predare bazate pe cercetare (*Research-Based Instructional Strategies – RBIS*) oferă o alternativă validată științific la metodele tradiționale. Acestea pun accent pe implicarea activă a elevului, pe învățarea prin explorare, feedback și interacțiune, promovând dezvoltarea competențelor cognitive superioare. Conform sintezei lui Hattie [119], strategiile didactice bazate pe cercetare au efecte semnificativ mai mari asupra performanței elevilor, comparativ cu abordările tradiționale, unele având mărimea efectului $d > 0.9$ (de exemplu, IM). De asemenea, [89] arată că învățarea activă sporește performanța academică la fizică și matematică, reducând rata de eșec și promovând înțelegerea profundă.

Astfel printre strategiile validate de cercetarea științifică se numără: modelul 5E [31], metoda Clasei Inversate [6], Instruirea Mutuală cu folosirea întrebărilor conceptuale [67], și metodele ISMC. Studiile recente arată că aceste metode nu doar sporesc performanța academică, dar și contribuie la: formarea identității științifice, dezvoltarea limbajului de specialitate, creșterea motivației intrinseci [26; 85; 136].

Eficiența acestor abordări este confirmată atât în medii experimentale controlate, cât și în contexte reale de clasă. Studiile [41] arată că aplicarea unui model integrat conduce spre îmbunătățirea limbajului științific și a abilităților de rezolvare a problemelor în rândul elevilor din clasele a VI-a, a VIII-a și a X-a. În plus, studierea corelației dintre activitățile de laborator și performanțele la evaluările finale indică faptul că învățarea activă este mai eficientă decât ascultarea și luarea pasivă a notițelor în cadrul predării tradiționale cu mărimea efectului $d=0.4$ (vezi Tabelul 2.5) [34].

Tabelul 2.5 Mărimea efectului pentru diferite metode didactice

Tipul metodei	Metoda de învățare și efectul		Metoda de predare și efectul	
Activare cognitivă	Instruirea mutuală	0.75	Analiza sarcinilor cognitive	1.29
	Repetiție și memorare	0.74	Metoda „Mozaicului”	1.20
	Motivație și abordare în profunzime	0.69	Strategii de integrare cu cunoștințele anterioare	0.93
	Independență cognitivă	0.68	Sprijin educațional	0.82
Metacognitivă	Autoevaluarea notelor	1.44	Rezumarea	0.79
	Programe Piagetiene	1.28	Planificare și predicție	0.76
	Solicitarea de ajutor	0.72	Evaluare și reflecție	0.75
	Autoverbalizare și autochestionare	0.55	Elaborare și organizare	0.75
Bazată pe feedback	Estimările profesorului asupra performanței elevului			1.29
	Răspuns la intervenție			1.29
	Strategii de transfer			0.86
	Discuții dirijate			0.82
Metoda tradițională de predare				0.40

Astfel, metodele tradiționale au cea mai joasă eficiență, iar metodele validate științific oferă un cadru eficient și dovedit pentru transformarea predării fizicii într-un proces interactiv, cu rezultate predictibile și relevante pentru formarea competențelor de învățare pe termen lung.

Subliniem că diversitatea cerințelor elevilor, eterogenitatea claselor și complexitatea competențelor necesare în societatea actuală impun o abordare educațională care să combine mai multe strategii eficiente într-un cadru coerent. Nu este suficientă aplicarea izolată a unei metode de succes; dimpotrivă, impactul real asupra învățării apare atunci când elemente din mai multe metode sunt combinate într-un mod planificat și complementar. O astfel de abordare sinergică permite adaptarea predării la stiluri diferite de învățare, dezvoltarea metacogniției, formarea limbajului științific și sprijinirea progresului fiecărui elev. Mai mult, integrarea activităților bazate pe feedback, investigare, colaborare și aplicare practică sporește retenția, motivația și transferul învățării în contexte noi. În acest sens, o analiză sistematică realizată de Cao și Yu [55] confirmă că comunitățile de învățare bine concepute, îmbunătățesc semnificativ comunicarea, motivația și rezultatele învățării, reducând totodată anxietatea elevilor. Astfel, proiectarea unui demers didactic care îmbină eficient diverse resurse metodologice devine esențială pentru susținerea unei învățări sustenabile și relevante. Reieșind din aceste considerente o lecție eficientă de fizică va fi centrată pe câteva principii pedagogice esențiale: activarea cunoștințelor anterioare, încurajarea explorării active, ghidarea elevului în formularea de explicații proprii și promovarea aplicațiilor în situații noi. În locul unui învățământ axat pe memorare, accentul se pune pe conexiunile dintre concepte, pe raționamente logice și pe exprimarea clară a ideilor în limbaj științific. Acest cadru favorizează dezvoltarea componentelor CIPV, precum gândirea critică, autonomia în învățare, capacitatea de colaborare și autoreglare. O analiză sistematică recentă evidențiază faptul că predarea prin

investigare deschisă (open inquiry) dezvoltă semnificativ înțelegerea conceptuală, gândirea științifică, motivația și autonomia elevilor, transformând învățarea științelor într-un proces de formare a CIPV [175].

Amintim că unul dintre cele mai influente cadre teoretice contemporane în educație este conceptul PIV, dezvoltat de John Hattie [119]. Potrivit acestuia, eficiența unei metode didactice nu ar trebui să fie apreciată doar prin intenția pedagogică, ci mai ales prin impactul demonstrabil asupra progresului elevului. În acest sens, învățarea devine „vizibilă” atunci când atât profesorul, cât și elevul sunt conștienți de obiective, de stadiul în care se află și de pașii necesari pentru avansare. Profesorul devine un evaluator activ al impactului propriei predări, iar elevul – un auto-reglator al propriei învățări.

Un concept strâns legat de acesta este predarea bazată pe feedback (*Feedback-Based Teaching*), care presupune un proces continuu de ajustare a strategiilor didactice în funcție de răspunsurile elevilor. Feedbackul nu se limitează la corectarea greșelilor, ci are rol formative: oferă ghidaj, consolidează învățarea și stimulează reflecția. Studiile arată că strategiile bazate pe feedback frecvent au efecte educaționale ridicate (Cohen's $d \approx 0.82$ în cazul discuțiilor dirijate) și contribuie la reducerea decalajelor între elevii performanți și cei în dificultate [119; 197].

Un alt pilon teoretic fundamental este metacogniția sau capacitatea elevului de a reflecta asupra propriului proces de învățare, de a-și monitoriza progresul și de a-și ajusta strategiile în mod conștient. La lecțiile de fizică, metacogniția este adesea trecută cu vederea, deși este esențială pentru formarea identității științifice a elevului și pentru atingerea înțelegerii conceptuale. În cadrul metodelor de predare bazate pe cercetarea științifică, metacogniția este stimulată prin utilizarea întrebărilor de tip *exit ticket* („Ce am înțeles astăzi?”, „Care concept mi-a fost mai greu de înțeles și de ce?”) și prin discuții ghidate care încurajează elevii să-și explice raționamentele. Conform [153], aceste practici sporesc atât motivația, cât și implicarea cognitivă, fiind direct corelate cu succesul academic. De asemenea, ele contribuie la dezvoltarea unei învățări autoreglate, în care elevul devine responsabil de parcursul său intelectual [84].

Astfel, integrarea acestor trei concepte (claritatea obiectivelor, feedbackul formativ și reflecția metacognitivă) oferă cadrul necesar pentru o predare eficientă, relevantă și adaptabilă, capabilă să răspundă nevoilor elevului contemporan. Combinarea mai multor strategii educaționale într-o structură unitară, coerentă și adaptată obiectivelor lecției este descrisă de conceptul de *Sinergie Didactică*. La lecția de fizică, *Sinergia Didactică* se manifestă prin activități de preînvățare (ex. Clasa Inversată), interacțiuni între colegi (ex. Instruirea Mutuală) și învățarea prin cercetare. Astfel, această abordare integrativă generează îmbunătățiri semnificative în limbajul științific, în capacitatea de rezolvare a problemelor și în implicarea elevilor cu diferite

grade de performanță (31). În acest sens, pentru ca sinergia să fie eficientă, este necesară respectarea a următoarelor trei principii: (1) cel puțin o metodă să activeze efortul cognitiv al elevilor, (2) una să stimuleze reflecția metacognitivă, și (3) una să asigure feedback vizibil și imediat (vezi Tabelul 2.5).

Să analizăm aplicarea conceptului *Sinergiei Didactice* pe modelul unei lecții de fizică unde sunt integrate patru metode didactice: Clasa Inversată, Instruirea mutuală cu întrebări conceptuale, Modelul 5E și abordarea timpurie a fizicii (Early Physics Approach). Fiecare dintre acestea aduce un aport distinct la procesul de formare a competențelor, iar împreună generează o sinergie care depășește impactul oricărei metode aplicate separat. În Tab. 2.6 este prezentată o comparație între aceste componente, rolul lor în cadrul *Sinergiei Didactice*, efectele pedagogice observate și datele de impact statistic evidențiate în cercetare.

Tabelul 2.6 Strategiile componente ale conceptului *Sinergiei Didactice* și efectele lor observate.

Strategia didactică	Rolul strategiei	Efectele strategiei	Mărimea efectului (Cohen's d)
Clasa Inversată	Activează cunoștințele anterioare și optimizează timpul de clasă pentru activități interactive	Creșterea motivației și implicării; participare activă în clasă	0.50
Instruirea mutuală cu întrebări conceptuale	Facilitează confruntarea ideilor și corectarea concepțiilor greșite prin colaborare	Îmbunătățirea înțelegerii conceptuale și a limbajului științific	0.74
Modelul 5E	Oferă o structură secvențială a învățării (Evocare, Explorare, Explicare, Aplicare, Evaluare)	Stimularea rezolvării de probleme și feedback continuu	0.8 – 1.13
Abordarea timpurie a fizicii	Asigură tranziția de la reprezentări matematice la concepte fizice și exprimare științifică	Consolidarea utilizării formulelor și dezvoltarea raționamentului științific	0.3

Clasa Inversată. Această strategie presupune familiarizarea elevilor cu conținutul temei viitoare înainte de lecție (prin accesarea materialelor video plasate pe platforma educatieonline.md și studierea manualului), permițând ca timpul de la clasă să fie utilizat pentru activități aplicative, discuții și clarificări. Astfel, această metodă este aplicată încă din faza 0 a lecției, facilitând

activarea cunoștințelor anterioare și maximizarea interacțiunilor la clasă. Cercetările arată că această metodă a avut un impact semnificativ asupra motivației elevilor și implicării lor în activitățile de învățare, rezultând într-o îmbunătățire a performanțelor la evaluările sumative (Cohen's d între 1.198 și 1.677) [49]. De asemenea, Savage [207] evidențiază că mediile de învățare concepute pe principii constructiviste, în care elevii interacționează, colaborează, reflectează și aplică informația, au o corelație directă și pozitivă cu motivația, implicarea și performanța academică a elevilor.

Instruirea mutuală cu întrebări conceptuale. Această metodă dezvoltă raționamentul științific prin discuții între colegi, mediate de profesor și centrate pe analiza întrebărilor conceptuale. Scopul nu este alegerea unui răspuns corect imediat, ci clarificarea logicii din spatele opțiunilor și confruntarea ideilor preexistente ale elevilor cu explicațiile științifice. Această strategie este implementată în faza Evocare a lecției, susținând o învățare profundă și metacognitivă. Rezultatele cercetării arată o îmbunătățire consistentă a limbajului științific, dar și a capacității de rezolvare a problemelor.

Modelul 5E stă la baza sinergiei didactice, oferind o succesiune clară a etapelor lecției: Evocare, Explorare, Explicare, Aplicare, Evaluare [192]. Această structură susține o învățare graduală, bazată pe conexiuni între concepte, aplicabilitate și reflecție. În fiecare fază, sunt integrate activități care susțin diferite dimensiuni ale învățării: de la demonstrații și experimente până la completarea de tabele, grafice și răspunsuri metacognitive. Modelul 5E contribuie substanțial la dezvoltarea abilității de rezolvare a problemelor, iar cercetările meta-analitice [192] indică o retenție crescută (Cohen's d = 1.417).

Abordarea timpurie a fizicii vine în completarea metodelor clasice prin accentul pus pe înțelegerea calitativă a relațiilor fizico-matematice, stimulând trecerea de la formule aplicate mecanic la raționamente clare, exprimate în limbaj științific. Aplicarea acestei metode în fazele Explorare și Aplicare ajută elevii să formuleze concluzii proprii, pornind de la observații experimentale sau grafice. Această metodă contribuie în mod special la utilizarea corectă a formulelor [14]. Astfel, structura lecției organizată conform conceptului sinergiei didactice este prezentată în Tabelul 2.7.

Tabelul 2.7 Structura lecției organizată conform conceptului sinergiei didactice.

Faza lecției	Metoda	Activitatea de bază
Faza 0	Clasa Inversată	Parcursul prealabil a conținutului acasă (video educațional de 10–18 minute)
Evocare, 7 min	Instruirea Mutuală	Demonstrație introductivă frontal și prima întrebare conceptuală

Explorare, 8 min	Învățarea prin cercetare	Investigație practică, discuție în grupuri, formularea de ipoteze
Explicare, 15 min	Instruirea Mutuală	Experiment virtual ghidat de profesor și a doua întrebare conceptuală
Aplicare, 10 min	Abordarea timpurie a fizicii	Interpretarea formulelor, graficelor și tabelelor, conectarea cu noțiuni anterioare
Evaluare, 5 min	Învățarea prin cercetare	Întrebări metacognitive și sarcină pentru reflecție individual.

Astfel, fiecare strategie – componentă a lecției organizate conform conceptului *Sinergiei Didactice* contribuie la dezvoltarea unei dimensiuni particulare a competenței științifice și a învățării pe termen lung. Prin combinarea lor într-o secvență logică și coerentă, se obține un efect educațional sinergic, confirmat prin date statistice robuste și observații pedagogice.

Conform Tabelului 2.7 în *faza zero* se activează cunoștințele anterioare și se asigură o bază comună de înțelegere pentru întreaga clasă. Prin parcurgerea individuală a conținutului, elevii ajung la oră cu întrebări, curiozități sau idei care pot fi discutate activ în clasă [41].

În *faza 1* profesorul începe lecția cu o demonstrație atractivă sau un fenomen surprinzător, urmat de o întrebare conceptuală care testează concepțiile elevilor. Scopul acestei etape este să capteze atenția, să genereze conflict cognitiv și să creeze o punte între experiențele anterioare și noul conținut. Răspunsurile elevilor sunt colectate prin clickere digitale, oferind un feedback imediat profesorului și creând un mediu interactiv [89].

În *faza 2* elevii lucrează în grupuri de 4–5 persoane pentru a investiga experimental un fenomen sau o relație fizică. Activitatea este ghidată de principiile învățării prin cercetare, care încurajează trecerea de la observație la descriere și de la descriere la explicare. Elevii formulează ipoteze, fac măsurări, construiesc tabele de date și trasează grafice simple. Profesorul intervine minim, dar eficient, pentru a clarifica conceptele atunci când este necesar.

Faza 3 este etapa centrală a lecției, în care se desfășoară Instruirea Mutuală. Elevii răspund individual la o a doua întrebare conceptuală, apoi discută în perechi sau grupuri, argumentând și comparând raționamentele. După discuție, se revine asupra întrebării, iar elevii își pot schimba răspunsul. Această dublă răspundere și interacțiune stimulează reorganizarea conceptuală, învățarea prin conflict cognitiv și autoreglarea învățării [67]. Tot în această etapă, profesorul poate integra o activitate cu experiment virtual, însoțită de o explicație succintă.

În *faza a 4-a* elevii trec la aplicarea noilor concepte în contexte diferite: analizează grafice, formulează explicații, extrag relații funcționale din date experimentale. Se urmărește integrarea noțiunilor predate în structuri mai complexe, transferabile. Activitatea poate include rezolvarea de

probleme scurte în perechi sau aplicarea conceptului în scenarii reale. Profesorul oferă exemple, dar încurajează exprimarea personală a elevilor. Studiile arată că această etapă este esențială pentru transferul învățării [14; 85; 242].

În *faza a 5-a* elevii completează un bilețel cu o întrebare de reflecție: „Astăzi am înțeles că...”, „Încă nu mi-e clar...”, „O aplicație a legii lui Ohm în viața reală este...”. Această activitate susține metacogniția aplicată și oferă profesorului date utile pentru proiectarea următoarei lecții. Evaluarea se efectuează anonim, cu ajutorul sistemului digital Turning Point [41].

Considerații metodologice privind aplicarea conceptului Sinergiei Didactice la formarea CIPV

Autonomia elevului în învățare este unul din cei mai puternici factori susținut de utilizarea strategiei Clasa Inversată și de activitățile de colaborare din cadrul lecției. Elevii încep să-și regleze ritmul propriu de învățare, să formuleze întrebări și să se implice activ în rezolvarea sarcinilor.

Feedbackul continuu și mutual susține această autonomie prin răspunsurile colectate cu ajutorul clickere-lor, discuțiile din cadrul Instruirii Mutuale, cât și prin întrebările metacognitive [119; 153].

Utilizarea consecventă a activităților de laborator este un alt element esențial, care a demonstrat un impact direct asupra performanțelor finale ale elevilor. Studiile arată corelații puternice între notele la lucrările de laborator și notele de la evaluările finale [41], ceea ce confirmă rolul formativ al investigației experimentale în construirea competențelor științifice [242].

Aplicarea corectă a formulelor rămâne o zonă vulnerabilă, mai ales în clasele gimnaziale. Rezultatele cercetărilor [72; 234] arată că elevii nu transferă automat competențele matematice în domeniul fizicii și au nevoie de susținere progresivă și explicații diferențiate.

Supraîncărcarea metodologică este o altă limitare importantă, mai ales pentru profesorii insuficient familiarizați cu strategiile de predare bazate pe cercetarea științifică. Integrarea coerentă a metodelor Clasa inversată, Instruirea mutuală, Abordarea timpurie a fizicii în modelul 5E presupune un efort de planificare semnificativ, un control bun al timpului didactic și o bună capacitate de adaptare în funcție de dinamica clasei. Scanlon et al. [209] avertizează asupra acestui fapt, subliniind importanța modificărilor intenționale și adaptative ale strategiilor aplicate în funcție de contextul real al clasei.

Competențele profesorului, atât în plan metodologic, cât și în plan tehnologic și psihopedagogic, determină succesul demersului. Astfel, profesorii trebuie să-și dezvolte o cultură a reflecției didactice continue, bazată pe date din clasă și pe observația directă a progresului elevilor [32; 77].

Sinergia Didactică nu vizează doar acumularea de cunoștințe la fizică, dar și contribuie la formarea unor competențe transversale esențiale, în strânsă legătură cu CIPV. Astfel de competențe precum autonomia în învățare, raționamentul științific și utilizarea coerentă a limbajului științific sunt recunoscute în documentele internaționale drept factori-cheie în educația pentru secolul XXI [183; 199].

Autonomia în învățare este susținută prin responsabilizarea elevului în fiecare etapă a lecției. Utilizarea Clasei Inversate în *faza zero* le oferă elevilor ocazia de a parcurge în ritm propriu conținuturile inițiale și de a ajunge la oră cu întrebări personale. În timpul lecției, activitățile investigative și reflecția metacognitivă sporesc controlul conștient asupra propriei învățări. Studiile arată că autonomia este unul dintre cei mai importanți predictorii ai învățării profunde și durabile [136; 153].

Raționamentul științific este un alt pilon central manifestat prin rezolvarea de probleme, explicarea fenomenelor și extragerea de concluzii din experimente. Strategiile precum Instruirea mutuală și Abordarea timpurie a fizicii cultivă gândirea logică și transferul ideilor în contexte noi. Conform García-Carmona [93], raționamentul științific este inseparabil de gândirea critică, iar lecțiile de fizică oferă un cadru ideal pentru formarea acestuia.

Limbajul științific și exprimarea coerentă sunt un indiciu important despre nivelul CIPV, deoarece limbajul științific este un instrument de reflecție și de formare a unei atitudini pozitive față de știință [15; 26].

Astfel, prin îmbinarea coerentă a strategiilor interactive, a reflecției metacognitive și a aplicării cunoștințelor în situații autentice, se creează un cadru eficient pentru formarea unui profil de elev dotat cu CIPV, adică capabil să învețe pe cont propriu, să comunice științific și să gândească critic. Astfel, lecția de fizică devine nu doar un spațiu de învățare disciplinară, ci un laborator de dezvoltare a CIPV.

2.3 Conceptul ideilor științifice mari și aplicarea lui la dezvoltarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții

2.3.1. Conceptul ideilor științifice mari

Conceptul pedagogic al ideilor științifice mari (ISM) ocupă un loc central în învățarea științelor prin metoda cercetării, cunoscută sub acronimul ISMC sau IBSE (Inquiry-Based Science Education) [37; 58; 118]. ISM reprezintă noțiunile esențiale și fundamentale pe care profesorul le selectează pentru fiecare lecție de fizică, cu scopul de a ghida procesul de înțelegere conceptuală. De regulă, în cadrul unei lecții sunt introduse trei-patru astfel de noțiuni, fiecare dintre ele având

potențialul de a structura în jurul ei întreaga secvență didactică. ISM pot fi echivalate cu obiectivele cognitive ale lecției sau cu unitățile de competență, în sensul în care ele vizează formarea unei înțelegeri profunde, nu doar acumularea de informații [44; 47]. Setul de idei științifice mari dintr-un capitol sau dintr-un întreg curs trebuie privit ca un lanț conceptual: lipsa unei verigi, adică a înțelegerii unei idei, slăbește întregul ansamblu și compromite atât achiziția imediată de cunoștințe, cât și formarea unei imagini coerente și corecte despre lumea naturală.

Prin urmare, ISM nu sunt doar repere pentru predare, dar și „vehicule” ale transferului de cunoaștere, contribuind activ la învățarea prin înțelegere IPI (*Learning by Understanding – LBU*) [242]. Într-un cadru transdisciplinar, ideile științifice mari interferează cu alte concepte din disciplinele conexe și contribuie la formarea unei gândiri sistemice, în care legăturile între domenii devin explicite și relevante pentru elev. În plus, înțelegerea profundă și conectarea acestor idei stimulează dezvoltarea CIPV, care presupune abilitatea de a analiza, argumenta, face conexiuni și explica fenomene prin prisma conceptelor științifice [44; 118; 137]. Astfel, ISM devin un punct de plecare în dezvoltarea AIC (Science Process Skills), care include două mari categorii: a) abilități de bază – observarea, clasificarea, măsurarea, comunicarea, predicția și b) abilități integrate – gândirea logică, planificarea investigațiilor, formularea ipotezelor, controlul variabilelor, interpretarea datelor, elaborarea de modele și luarea deciziilor [172; 243].

ISM și IPI acționează împreună pentru a muta centrul de greutate al învățării dinspre memorare mecanică spre construcție activă de cunoștințe, iar acest lucru contribuie direct la dezvoltarea CIPV [194; 242]. CIPV include nu doar competențe cognitive și metacognitive, ci și atitudini și abilități esențiale precum gândirea critică, rezolvarea de probleme, comunicarea eficientă, capacitatea de adaptare la schimbări și învățarea continuă. De altfel, cercetările arată că învățarea prin înțelegere generează o atitudine pozitivă față de învățare, care poate influența performanțele școlare mai mult decât nivelul de inteligență (IQ) [195]. Această atitudine este susținută și de calitatea interacțiunilor în clasă. Formarea CIPV nu poate fi disociată de abilitățile sociale și de comunicare – colaborarea, oferirea și primirea feedbackului, discutarea rezultatelor și prezentarea acestora în fața colegilor [76]. Toate acestea sunt posibile într-un climat de învățare bazat pe empatie, respect și deschidere, unde elevii nu doar învață, ci învață împreună.

Un alt element esențial, aflat în conexiune directă cu CIPV, este umilința intelectuală (Intellectual Humility), definită ca disponibilitatea de a recunoaște propriile limite, de a accepta greșelile, de a asculta opiniile celorlalți și de a analiza critic propriile idei. Umlința intelectuală este considerată o trăsătură predictivă pentru angajamentul autentic în învățare, fiind strâns corelată cu CIPV [222]. Ea se manifestă prin: plăcerea de a învăța (analiza conceptelor noi, remedierea greșelilor, apelarea la ajutor extern, disponibilitatea de a asculta alte argumente, analiza

dovezilor, argumentarea, concentrarea pe răspunsurile corecte); realizarea propriilor limitări intelectuale, înțelegerea și procesul de învățare presupune confruntarea elevilor cu propriile limite: identificarea lacunelor de cunoștințe, recunoașterea acestora și reevaluarea ideilor personale. Aceste momente pot genera un disconfort emoțional, reflectat în schimbarea încrederii în sine, dar tocmai această tensiune stimulează progresul cognitiv. În cadrul teoriei predării și învățării vizibile PIV, ISM trebuie prezentate elevilor într-o manieră explicită și transparentă, astfel încât profesorul să poată evalua în permanență gradul de înțelegere [39]. Această evaluare se realizează prin evaluare formativă, care măsoară nivelul de asimilare a noilor concepte. O strategie didactică consacrată, bazată pe feedback și evaluare formativă, este Instruirea Mutuală (Peer Instruction). În acest cadru, profesorul utilizează un sistem digital de răspuns pentru a verifica modul în care elevii au înțeles conceptele fundamentale discutate. Evaluarea are un caracter predominant calitativ, concentrat pe întrebări conceptuale. Un aspect esențial al metodei PI este lucrul în grup: rezultatele colective depășesc constant performanța celui mai bun elev lucrând individual [222]. Aceasta demonstrează că învățarea colaborativă nu doar clarifică ideile, ci amplifică nivelul de înțelegere prin schimbul de perspective.

2.3.2. Aplicarea conceptului Ideilor Științifice Mari la dezvoltarea în cadrul lecției de fizică a competențelor de învățare pe tot parcursul vieții

Pentru a evidenția conexiunile dintre cele trei concepte-cheie – ISM, învățarea prin înțelegere și CIPV – cercetarea noastră [44] a fost ghidată de două întrebări esențiale.

Prima întrebare a vizat aplicabilitatea concretă a conceptului BSI: cum pot fi utilizate ideile științifice mari în cadrul lecțiilor de fizică astfel încât elevii să dezvolte o înțelegere profundă și coerentă a sensului fizic al noțiunilor nou introduse?

A doua întrebare a urmărit să determine în ce măsură nivelul de înțelegere conceptuală a conținutului studiat contribuie la formarea și consolidarea CIPV.

Din punct de vedere conceptual, prima întrebare investighează relația dintre ISM și IPI, în timp ce a doua explorează legătura dintre IPI și CIPV. Înțelegerea acestor raporturi nu este doar teoretic valoroasă, ci are și o relevanță aplicativă directă pentru practica educațională, oferind profesorilor de fizică un cadru clar pentru proiectarea unui demers didactic de tip constructivist. O lecție construită pe această bază va urmări, ca rezultat imediat, asimilarea în profunzime a sensului fizic al fenomenelor discutate, ceea ce, în perspectivă, va permite elevilor să-și formeze competențele necesare învățării autonome, adaptative și reflexive.

Astfel, cercetarea își propune să analizeze două dimensiuni complementare ale efectelor generate de implementarea sistematică a ISM în procesul educațional: pe de o parte, efectul direct

și imediat asupra nivelului de înțelegere al elevilor, iar pe de altă parte, efectul indirect, dar fundamental, asupra dezvoltării CIPV.

Pentru a obține date relevante în raport cu cele două întrebări de cercetare, a fost proiectat un demers metodologic care a inclus o serie de evaluări digitalizate: cinci formative (vezi Anexele 11.a, b; 12.a, b; 13.a, b; 14.a, b; 15.a, b) și una sumativă (vezi Anexa 16), desfășurate în contextul studierii capitolului *Interacțiuni prin câmpuri* conform curriculumului de fizică pentru clasa a IX-a [12]. Activitatea s-a desfășurat în cadrul gimnaziului „Vasile Badiu” din localitatea Măgurele, raionul Ungheni, Republica Moldova, având ca participanți un eșantion format din 12 elevi de clasa a IX-a. Evaluările au fost realizate cu ajutorul sistemului digital Turning Point, o platformă care permite generarea și aplicarea de itemi în format interactiv, de tip adevărat/fals, alegere multiplă și asociere. În mod special, pentru evaluările formative, s-a optat pentru itemi cu patru variante de răspuns, din care doar una corectă, ceea ce a permis o măsurare mai precisă a gradului de înțelegere conceptuală al elevilor. Această alegere metodologică este susținută de recomandări din literatura internațională de specialitate, care evidențiază eficiența întrebărilor cu alegere multiplă în evaluarea înțelegerii reale, nu doar a memorării [154; 246]. Totuși, trebuie menționat că, deși elevul poate uneori nimeri răspunsul corect întâmplător sau pe baza unei raționări greșite, acest risc este redus semnificativ prin structura testului. De exemplu, în cazul unui test format din trei întrebări independente, fiecare cu patru variante de răspuns, probabilitatea ca un elev să răspundă corect la toate întrebările pur aleatoriu este de doar 1,56%. Această valoare demonstrează robustețea instrumentului de evaluare în captarea unei imagini autentice a nivelului de înțelegere a conceptelor științifice evaluate.

Rezultatele obținute în urma evaluărilor formative desfășurate în cadrul predării capitolului *Interacțiuni prin câmpuri* au fost sintetizate în Tabelul 2.8, care reflectă performanțele elevilor din clasa a IX-a de la gimnaziul „Vasile Badiu” din Măgurele, raionul Ungheni. Evaluările au fost structurate în patru teme distincte, fiecare conținând câte trei itemi (I1–I3), instrumentele de evaluare și rezultatele acestora fiind prezentate în Anexele 11.a – 15.b. Coloana finală (Pe) indică procentul elevilor care au răspuns corect la cel puțin două dintre cele trei întrebări ale fiecărei evaluări. Această abordare a permis nu doar identificarea răspunsurilor izolate corecte, ci și estimarea unei înțelegeri consistente la nivel de temă.

Tabelul 2.8 Rezultatele evaluărilor formative la capitolul Interacțiuni prin câmpuri

Tema	I ₁	I ₂	I ₃	P _e
Legea atracției universale	80%	60%	10%	58%
Legea lui Coulomb	42%	83%	8%	33%
Câmpul electrostatic	0%	75%	100%	75%

Acțiunea câmpului magnetic asupra sarcinilor și curenților	58%	67%	92%	92%
--	-----	-----	-----	-----

Analizând datele, observăm că tema „Legea atracției universale” (vezi Anexele 11.a și 11.b) a fost parțial asimilată: 80% dintre elevi au răspuns corect la primul item, 60% la al doilea, dar doar 10% au oferit un răspuns corect la al treilea item, care evalua înțelegerea relației inverse dintre forță și pătratul distanței. Această scădere bruscă sugerează că elevii nu au o reprezentare clară a dependenței funcționale din legea gravitației, ceea ce afectează în mod semnificativ înțelegerea conceptuală. În mod similar, la tema „Legea lui Coulomb” (vezi Anexele 13.a și 13.b), distribuția răspunsurilor corecte a fost dezechilibrată: deși 83% dintre elevi au identificat corect răspunsul la întrebarea privind permitivitatea dielectrică, doar 8% au înțeles dependența forței coulombiene de distanță, iar 42% au indicat în mod greșit că aceste forțe ar avea caracter universal. În acest caz, datele reflectă o confuzie între caracterul universal al gravitației și comportamentul forțelor electrostatice, confuzie ce sugerează o lipsă de diferențiere conceptuală între fenomene distincte.

Performanțele elevilor la tema „Câmpul electrostatic” (vezi Anexele 14.a și 14.b) indică o tendință inversă față de cele anterioare: niciun elev nu a răspuns corect la primul item, ceea ce semnalează o neînțelegere completă a unui aspect specific, însă la ceilalți doi itemi, 75% și 100% dintre elevi au oferit răspunsuri corecte. Acest contrast poate sugera fie o progresie în înțelegere între itemi, fie o dificultate punctuală în formularea sau interpretarea primului item. În general, procentul de 75% la Pe sugerează un grad mediu spre ridicat de asimilare a acestei teme.

La tema „Acțiunea câmpului magnetic asupra sarcinilor și curenților”, elevii au demonstrat cel mai înalt nivel de performanță generală: 92% au răspuns corect la cel de-al treilea item, iar 92% au trecut pragul de două răspunsuri corecte din trei. Totuși, 1/3 dintre elevi nu au reușit să interpreteze corect direcția vectorului inducției magnetice $\vec{B}$.

Rezultatele obținute în urma evaluărilor formative demonstrează că, în clasa a IX-a, mulți elevi nu dețin încă abilitățile necesare pentru analiza relațiilor matematice implicite într-o formulă fizică simplă. Elevii întâmpină dificultăți în a înțelege modul în care variază o mărime fizică în raport cu alta, în cadrul unei relații de tip proporționalitate directă sau inversă. Astfel de dificultăți devin evidente în cazul unor legi fundamentale, precum legea atracției universale sau legea lui Coulomb, unde relațiile matematice reflectă dependențe esențiale între mărimi. Acest aspect evidențiază faptul că, la acest nivel, competențele matematice insuficient dezvoltate interferează negativ cu învățarea fizicii. Învățarea științelor, în special a fizicii, presupune o integrare constantă între gândirea cantitativă și înțelegerea conceptuală, iar orice lacună în una dintre aceste dimensiuni afectează performanța generală. Pentru a sprijini dezvoltarea unei înțelegeri

conceptuale reale și pentru a facilita progresul majorității elevilor, este necesară aplicarea unui set coerent de intervenții didactice, diferențiate în funcție de forma de organizare a activității:

- **În cazul expunerii frontale** sau convenționale a materiei noi de către profesor, se recomandă sublinierea constantă a relațiilor dintre mărimile fizice incluse în formulele analizate. Ori de câte ori se introduce o nouă lege sau ecuație, profesorul trebuie să accentueze modul în care modificarea unei mărimi influențează celelalte. Această strategie ajută la formarea unei înțelegeri funcționale a formulelor și la evitarea tratării acestora ca simple rețete de calcul.
- **În cazul cercetării proprii** a elevilor, desfășurate în cadrul lucrului în grup, este esențial ca obiectivele cognitive ale proiectului să includă în mod explicit analiza relațiilor dintre mărimile fizice. Elevii trebuie ghidați să identifice și să testeze aceste relații în activitatea lor investigativă, ceea ce contribuie atât la dezvoltarea gândirii științifice, cât și la consolidarea cunoștințelor prin aplicare practică.
- **În cadrul instruirii problematizate**, întrebările formulate de profesor trebuie să orienteze elevii în mod direct către investigarea dependențelor dintre mărimile studiate. Întrebările de tip ghidaj sau orientare trebuie să provoace reflecția elevilor asupra sensului relațiilor fizice, să stimuleze formularea de ipoteze și să conducă la descoperirea activă a legilor fizicii.
- **În cazul instruirii mutuale** (peer instruction), profesorul are rolul de a forma la elevi abilitatea de a formula și răspunde la întrebări care evidențiază legăturile dintre conceptele și mărimile fizice. Utilizarea frecventă a întrebărilor de acest tip creează un mediu de învățare activă și colaborativă, în care schimbul de idei și feedbackul între colegi sprijină învățarea profundă.
- **În cadrul prezentării rezultatelor lucrului în grup**, modelul de raport sau de expunere trebuie să includă în mod obligatoriu o secțiune dedicată explicării relațiilor dintre mărimile fizice analizate. Acest aspect stimulează metacogniția și ajută elevii să-și structureze clar ideile, facilitând totodată evaluarea calitativă a activității de către profesor.
- **În cazul rezolvării de probleme**, se recomandă ca procesul să nu se oprească odată cu obținerea rezultatului numeric. Este esențial ca fiecare problemă să fie încheiată printr-o analiză a rezultatului, discutarea sensului fizic și a implicațiilor relațiilor matematice implicate. Astfel, se dezvoltă capacitatea elevilor nu doar de a aplica formulele la rezolvarea problemelor, dar și de a interpreta fenomenele, promovând astfel o abordare integrată a cunoașterii științifice.

Capitolul s-a încheiat cu aplicarea unei evaluări sumative menite să ofere o imagine clară asupra progresului cognitiv al elevilor după parcurgerea temei *Interacțiuni prin câmpuri*. Structura evaluării sumative este arătată în Tabelul 2.9. Compararea rezultatelor obținute la evaluarea sumativă cu cele din evaluările formative anterioare evidențiază o îmbunătățire semnificativă în ceea ce privește înțelegerea conceptuală a noțiunilor studiate (vezi figura 2.9).

Tabelul 2.9 Clasificarea itemilor după tipul de cunoștințe și rezultatele evaluării sumative

Nr.	Tip item	Conținut	Tip de cunoștințe	Rezultatele evaluării
1	Alegere multiplă	Legea atracției universale	Condiționale (implică relații de proporționalitate, aplicare contextuală)	75%
2	Alegere multiplă	Legea lui Coulomb	Declarative (fapt științific)	100%
3	Alegere multiplă	Direcția forței în câmp electrostatic	Condiționale (aplicarea regulii asupra unei sarcini negative)	66,6%
4	Correspondență	Mărimi fizice și unități de măsură	Declarative (definiții și asociere factuală)	91,6%
5	Problemă	Forța electrostatică	Procedurale (aplicare de formulă)	33,3%
6	Problemă	Câmpul magnetic	Procedurale	41,16%
7	Problemă	Forța Lorentz (regula mâinii stângi)	Condiționale (determinarea direcției forței Lorentz în funcție de context)	33,3%

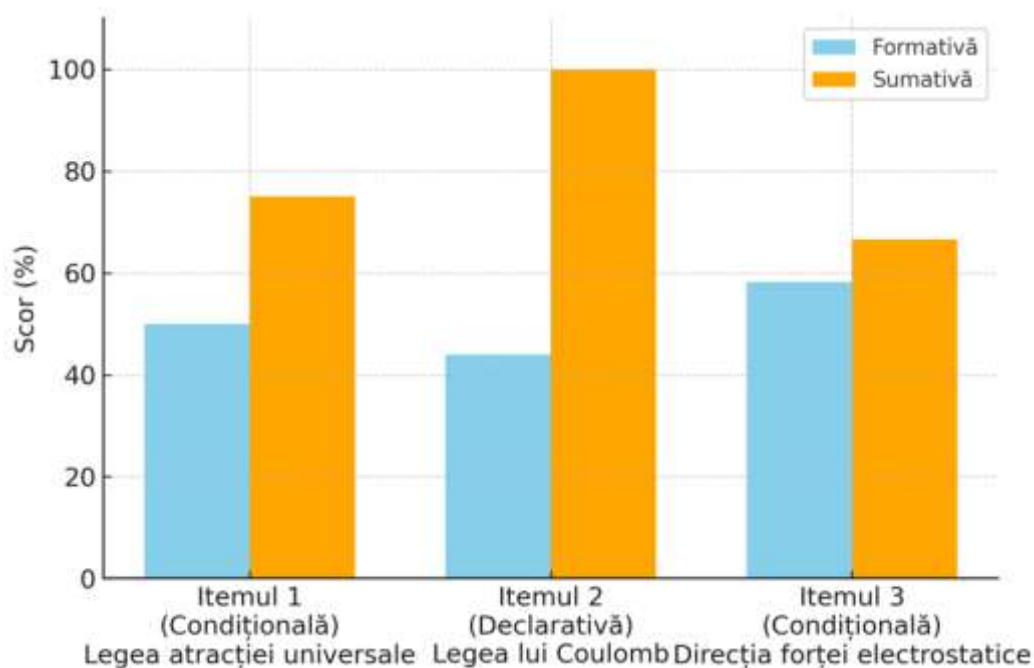


Fig. 2.9 Compararea rezultatelor evaluărilor formative și sumative

Astfel, la itemul I_1 care viza înțelegerea relației dintre forța de atracție gravitațională și distanța dintre corpuri, 75% dintre elevi au oferit răspunsuri corecte, în contrast cu 50% în cadrul evaluării formative. Această creștere indică o asimilare clară a relației de tip invers proporțional și poate fi pusă în legătură cu strategiile didactice aplicate între cele două evaluări, în special sublinierea relațiilor dintre variabile și antrenarea elevilor în reflecție conceptuală.

La itemul I_2 despre caracterul forței Coulomb, toți elevii (100%) au răspuns corect, față de 44% anterior. Această corecție masivă a unei concepții greșite, și anume atribuirea unui caracter

universal forțelor coulombiene, arată eficiența intervențiilor didactice și clarificarea diferențelor conceptuale dintre forțele gravitaționale și cele electrostatice.

Itemul I_3 , care a verificat capacitatea elevilor de a determina direcția forței electrostatice asupra unei sarcini negative (tot cunoștințe condiționale), a înregistrat o îmbunătățire mai modestă — de la 58.3% la 66.6%. Acest progres limitat sugerează că elevii întâmpină în continuare dificultăți în aplicarea raționamentului vectorial și în orientarea în spațiu (de exemplu, sensul câmpului electric în raport cu semnul sarcinii). Astfel de sarcini presupun o internalizare conceptuală mai profundă și beneficiază de practici vizuale sau activități cu material concret.

Un alt rezultat prezentat în tabelul 2.6, itemul I_4 , se referă la cunoașterea unităților de măsură ale mărimilor fizice discutate în capitol. Aici, 91,6% dintre elevi au demonstrat cunoștințe corecte, fapt ce sugerează o bună fixare a aspectelor factuale și o familiaritate cu limbajul specific al fizicii. În ceea ce privește aplicarea cunoștințelor, itemii I_5 și I_6 , doar 33,3% dintre elevi au rezolvat corect o problemă legată de legea lui Coulomb. Acest rezultat arată că tranziția de la înțelegerea teoretică la aplicarea practică a formulelor necesită mai mult exercițiu și sprijin pedagogic. Situația este similară în cazul problemei legate de forța Lorentz, itemul I_7 : 41% dintre elevi au rezolvat-o corect, iar doar 33,3% au reprezentat corect direcția acestei forțe — un regres față de evaluarea formativă, unde 67% răspunseseră corect la acest item. Această discrepanță ar putea indica o dificultate mai mare în reprezentarea vectorială spațială sau o lipsă de exercițiu în aplicarea regulii mâinii stângi.

Pe baza acestor rezultate, se pot contura câteva concluzii relevante privind profilul cognitiv al clasei:

- Aproximativ o treime dintre elevi posedă abilități funcționale de rezolvare a problemelor simple de fizică, în care este necesară aplicarea unei singure formule bine înțelese;
- Peste 90% dintre elevi au consolidat cunoștințele declarative, demonstrând o bună stăpânire a unităților de măsură ale mărimilor fizice parcurse;
- Două treimi dintre elevi pot reprezenta corect acțiunea câmpului electrostatic asupra unei sarcini, ceea ce indică un progres notabil în domeniul reprezentărilor conceptuale;
- Doar o treime dintre elevi nu întâmpină dificultăți în determinarea direcției forței Lorentz — o sarcină care implică orientare spațială și înțelegerea simultană a direcției câmpului, a vitezei și a forței.

Prin urmare, evaluarea sumativă confirmă eficiența parțială a strategiilor de predare bazate pe evaluarea formativă digitalizată, elevii întâmpinând dificultăți specifice legate de aplicarea cunoștințelor în contexte noi. Acest lucru sugerează necesitatea de a continua antrenarea elevilor în activități care implică transfer, modelare și raționamente vizuale, în paralel cu consolidarea relațiilor matematice dintre conceptele fizice.

Concluziile cercetării evidențiază o legătură esențială între conceptualizarea ISM, înțelegerea conceptuală profundă – IPI și dezvoltarea CIPV. Corelarea puternică dintre aceste elemente confirmă faptul că o definiție clară și precisă a ISM facilitează înțelegerea sensului fizic al fenomenelor studiate. Această înțelegere constituie fundamentul pe care se sprijină dezvoltarea competențelor care permit elevilor să învețe în mod autonom și continuu, adaptându-se astfel unui mediu dinamic și complex pe parcursul întregii vieți. Astfel, clarificarea și structurarea ISM nu sunt doar o simplă etapă didactică, ci un pas crucial în formarea gândirii critice și a capacității de învățare independentă – abilități indispensabile în contextul actual al schimbărilor rapide ale cunoașterii.

Pentru a susține și consolida această înțelegere conceptuală, procesul de evaluare devine un instrument indispensabil, în special evaluarea formativă care se aplică continuu în timpul desfășurării lecției. Această abordare presupune că introducerea și aprofundarea noțiunilor noi nu pot avansa decât după ce se asigură, prin evaluare, că o majoritate covârșitoare a elevilor a format o reprezentare corectă a conceptelor studiate. Astfel, evaluarea formativă funcționează ca un mecanism de feedback permanent, în corespundere cu conceptul IPV [119], care permite profesorului să monitorizeze în timp real stadiul de înțelegere al elevilor și să intervină prompt cu ajustări didactice, corecții și explicații suplimentare. Această strategie pedagogică face posibilă prevenirea acumulării de concepții greșite și încurajează dezvoltarea unei înțelegeri profunde, care este condiția de bază pentru formarea CIPV. În acest context o componentă esențială a evaluării formative este feedback-ul imediat și clar oferit elevilor cu privire la corectitudinea răspunsurilor lor. Acest feedback nu este doar un simplu indicator de răspuns corect sau incorect, ci reprezintă, în esență, „pulsul” clasei – un instrument prin care profesorul poate înțelege cum gândesc elevii și care sunt dificultățile lor în timp real [163]. Aplicarea acestui principiu răspunde direct întrebării de cercetare privind modul în care conceptul ISM poate fi aplicat pentru a îmbunătăți înțelegerea sensului fizic al noțiunilor noi: răspunsul constă în utilizarea evaluării formative permanente în timpul lecției. Această metodă asigură o interacțiune constantă între profesor și elevi, care favorizează nu doar memorarea, ci o înțelegere profundă, reflexivă și durabilă a fenomenelor studiate.

În ceea ce privește formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții, rezultatele arată că nu este posibilă dezvoltarea abilităților complexe de analiză critică și gândire reflexivă fără o bază solidă de înțelegere conceptuală. Astfel, întrebarea de cercetare care vizează corelarea dintre gradul de înțelegere a materiei și CIPV primește un răspuns clar: competențele pentru învățarea autonomă, adaptabilă și continuă nu pot fi dezvoltate în absența unei înțelegeri conceptuale solide. Deci pentru a cultiva competențe care să susțină învățarea pe tot parcursul

vieții, trebuie mai întâi să ne asigurăm că elevii înțeleg în profunzime conceptele de bază, ceea ce le va permite să aplice cunoștințele în contexte noi și să-și dezvolte capacitatea de a învăța independent.

Evaluările formative și sumative realizate în cadrul cercetării evidențiază existența unor nivele variate de înțelegere conceptuală în cadrul unei clase, ceea ce implică necesitatea unor strategii pedagogice diferențiate și personalizate. Astfel, aproximativ o treime dintre elevi demonstrează un nivel înalt de înțelegere, reușind să perceapă sensul fizic al mărimilor studiate, să rezolve probleme simple, să stabilească relații între mărimile fizice și să utilizeze corect unitățile de măsură. O altă treime manifestă o înțelegere medie, cunoscând relațiile și unitățile, dar fără profunzimea analitică a primului grup. Ultima treime are o înțelegere redusă, limitându-se la cunoașterea unităților de măsură fără a înțelege relațiile și semnificațiile fizice. Această diversitate în nivelul de cunoștințe impune adaptarea demersului didactic pentru a sprijini progresiv elevii spre o înțelegere conceptuală completă, care să constituie fundamentul pentru CIPV.

În concluzie, această cercetare subliniază că definirea clară și aplicarea ideilor științifice mari, însoțite de o evaluare formativă continuă cu feedback imediat, sunt esențiale pentru dezvoltarea unei înțelegeri conceptuale profunde. Aceasta, la rândul ei, este indispensabilă pentru formarea competențelor cheie care susțin învățarea autonomă și adaptabilă, calități indispensabile în lumea contemporană, aflată într-o permanentă schimbare. Prin urmare, integrarea acestor principii în practica educațională contribuie nu doar la îmbunătățirea performanțelor școlare, ci și la pregătirea elevilor pentru provocările complexe ale vieții, în calitate de elevi și cetățeni activi și responsabili pe termen lung.

2.4 Rolul componentelor cunoașterii în dezvoltarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții

2.4.1. Structurarea cunoașterii în cunoștințe teoretice, axiologice și metacognitive în procesul de învățare a fizicii

Procesul de învățare a fizicii implică mult mai mult decât acumularea de fapte și formule; el presupune formarea unui ansamblu coerent de structuri cognitive și atitudinale care permit elevilor să înțeleagă fenomenele naturale, să le explice și să le utilizeze în contexte diverse. Cunoștințele teoretice, axiologice și metacognitive nu sunt entități izolate, ci dimensiuni complementare ale unui proces educațional complex, care vizează formarea unei gândiri științifice autentice [154; 152].

În epoca educației centrate pe competențe, accentul se mută de la ce învață elevul la cum învață și de ce învață [199]. Această schimbare presupune o abordare integrată a conținuturilor și strategiilor didactice, astfel încât să se formeze nu doar deprinderi de ordin cognitiv, ci și atitudini responsabile față de cunoaștere și capacități de autoreglare a învățării [182; 201]. Mai ales în cazul fizicii, o disciplină caracterizată prin niveluri ridicate de abstractizare și interdependență teoretică, este esențial ca elevii să dezvolte o înțelegere profundă, o motivație internă și strategii eficiente de învățare [220].

Din această perspectivă, structura cunoștințelor elevului capătă o valoare centrală în designul curricular, în practicile de predare și în evaluarea progresului educațional. Cunoștințele teoretice se referă la modelarea conceptuală și explicativă a lumii fizice [148]; cele axiologice reflectă relația elevului cu știința – interesul, valorile și angajamentul său față de învățare [188]; iar cele metacognitive susțin autoreglarea, reflecția și transferul cunoștințelor în situații noi [225; 235]. Interacțiunea dintre aceste structuri definește calitatea învățării fizicii și gradul de pregătire al elevului pentru provocările unei societăți științifico-tehnologice în continuă transformare.

Cunoștințele teoretice reprezintă fundamentul înțelegerii științifice a lumii fizice. În cadrul educației fizice școlare, acestea nu sunt doar simple informații abstracte, ci elemente organizate ierarhic care permit elevului să construiască o viziune coerentă asupra fenomenelor naturale, să le explice prin modele și să le aplice în contexte variate [201; 220].

Conform lui Lebedev [148], cunoașterea științifică este structurată pe patru niveluri distincte, dar interdependente: perceptual, empiric, teoretic și meta-teoretic. Acestea pot fi aplicate direct în predarea fizicii, în funcție de complexitatea conținuturilor și de competențele vizate la elevi. În Tab. 2.10 prezentăm exemple pentru diferite niveluri ale cunoașterii științifice la fizică.

Tabelul 2.10 Niveluri ale cunoașterii științifice la fizică

Nivelul cunoașterii	Descriere	Exemple din fizică
Perceptual	Observarea directă a fenomenelor (ex: căderea liberă, propagarea sunetului).	Experimentul cu pendulul gravitațional în clasă.
Empiric	Colectarea de date și stabilirea de relații (ex: dependența t dintre h și g).	Determinarea masei unui corp prin cântărire și/sau aplicarea formulei $F = m \cdot a$.
Teoretic	Formularea de legi și modele (ex: legea lui Newton, modelul atomului).	Formularea ecuațiilor mișcării uniform accelerate.
Meta-teoretic	Analiza paradigmatelor, reflecția asupra limitelor teoriilor (ex: relativitate vs. mecanică clasică).	Discuții privind validitatea modelelor clasice în context cuantic.

Structura cunoștințelor teoretice este reflectată și în curriculumul național, care grupează conținuturile în: fapte științifice, concepte fizice, legi și teorii [12]. Aceste categorii corespund nivelurilor cognitive și permit organizarea învățării în spirale. În figura 2.10 este sintetizată organizarea nivelurilor de cunoștințe la fizică.

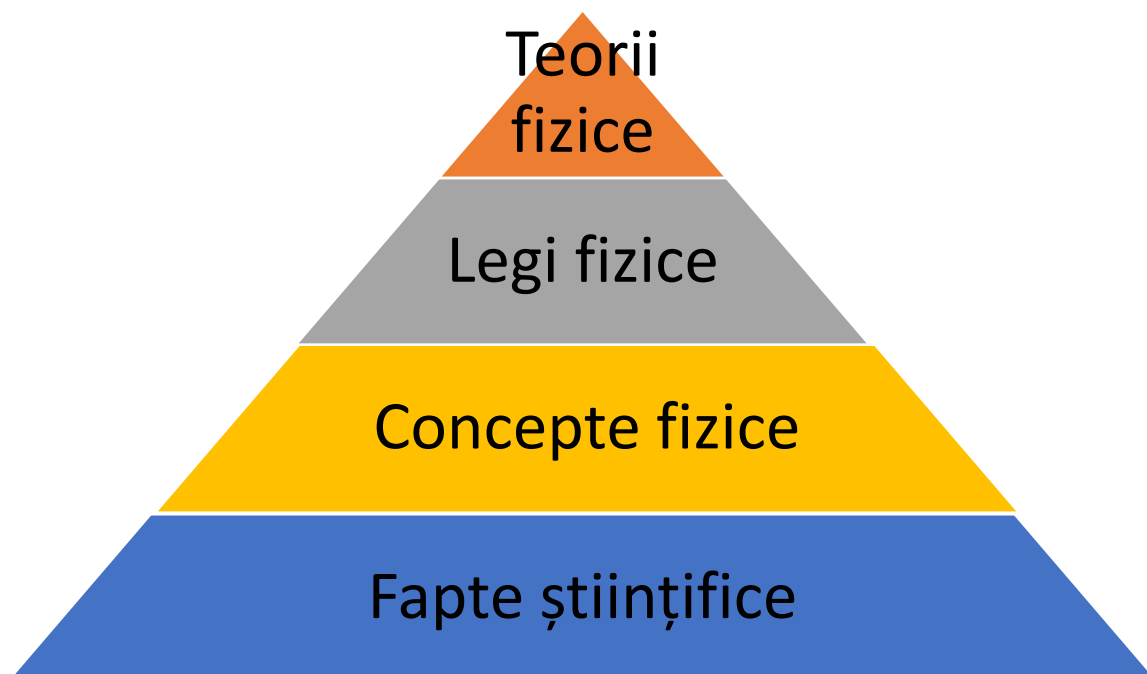


Fig. 2.10 Organizarea nivelurilor de cunoștințe la fizică

În tabelul 2.11 este descris rolul profesorului în formarea componentelor cunoașterii teoretice.

Tabelul 2.11 Rolul profesorului în formarea componentelor cunoașterii teoretice.

Componenta cunoașterii teoretice	Rolul profesorului
Teorii fizice	Să prezinte modele explicative coerente și istoricul dezvoltării lor; să conecteze teoria la observații experimentale.
Legi fizice	Să formuleze legile clar și să exemplifice aplicarea lor în diverse contexte; să încurajeze utilizarea în raționamente și probleme.
Concepte fizice	Să clarifice semnificația conceptelor prin analogii, exemple și reprezentări multiple; să verifice înțelegerea prin activități aplicative.
Fapte științifice	Să prezinte date experimentale relevante și să arate cum acestea susțin teoriile; să încurajeze curiozitatea față de realitatea obiectivă.

Cunoștințele axiologice reflectă dimensiunea valorică a învățării, incluzând convingerile, atitudinile, interesele și motivațiile elevilor în raport cu domeniul științific. În contextul predării fizicii, această dimensiune are o importanță deosebită, deoarece influențează nu doar angajamentul elevilor față de disciplină, ci și calitatea învățării și capacitatea de transfer al cunoștințelor în situații autentice [188]. Astfel, educația științifică modernă are printre obiectivele sale centrale formarea unei atitudini pozitive față de știință și tehnologie, precum și înțelegerea valorilor care

stau la baza cercetării științifice: curiozitatea, rigoarea, onestitatea intelectuală și deschiderea față de dovezi [162; 247]. Corelarea între componentele cunoașterii axiologice este prezentată în figura 2.11.



Fig. 2.11 Corelarea între componentele cunoașterii axiologice.

În tabelul 2.12 este descris rolul profesorului în formarea componentelor cunoașterii axiologice.

Tabelul 2.12 Rolul profesorului în formarea componentelor cunoașterii axiologice.

Componenta cunoașterii axiologice	Rolul profesorului
Interesul pentru fizică	Să creeze contexte atractive și captivante pentru predare; să conecteze conținutul la realitatea elevilor.
Motivația intrinsecă	Să valorizeze efortul și progresul personal; să ofere autonomie și alegeri în activitățile de învățare.
Relevanța socială a fizicii	Să evidențieze aplicabilitatea fizicii în viața cotidiană și în societate; să folosească exemple din actualitate.
Atitudinea față de fizică	Să susțină o atmosferă pozitivă și încurajatoare; să reducă anxietatea legată de materie prin sprijin și feedback constructiv.
Implicarea activă în învățare	Să organizeze activități interactive, experimente și proiecte colaborative; să încurajeze participarea și inițiativa.
Convingeri și valori	Să promoveze gândirea critică și etica științifică; să discute despre responsabilitatea socială a cunoașterii științifice.

Metacogniția reprezintă capacitatea de a reflecta asupra propriilor procese cognitive, de a planifica, monitoriza și regla strategiile de învățare. În domeniul fizicii, unde complexitatea conceptelor și nivelul ridicat de abstractizare pot deveni obstacole pentru învățare, dezvoltarea metacogniției este esențială pentru progresul conceptual și pentru învățarea eficientă [152; 235]. Instrumentele de bază ale metacogniției sunt prezentate în figura 2.12, iar instrumentele de evaluare a gradului de complexitate a metacogniției sunt prezentate în Tabelul 2.13.

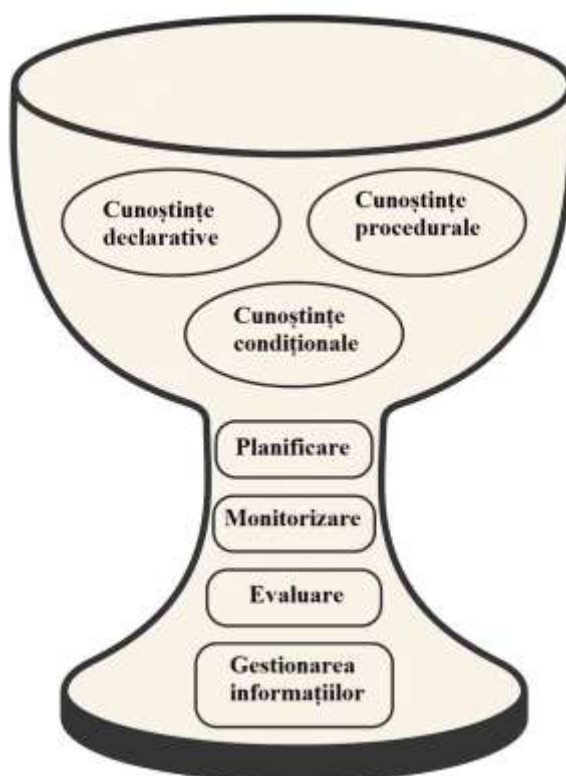


Fig. 2.12 Componentele de bază ale cunoașterii

Tabelul 2.13 Instrumente de evaluare a nivelului metacogniției elevilor la fizică.

Instrument de evaluare	Dimensiuni evaluate	Tipuri de itemi
Inventarul metacognitiv la fizică [225]	1. Cunoașterea cogniției proprii 2. Planificarea învățării proprii 3. Monitorizarea învățării proprii 4. Evaluarea succesului propriu 5. Ajustarea strategiilor proprii de învățare 6. Gestionarea informației.	Afirmații pe o scală Likert (1–5), aplicate după rezolvarea de probleme
Chestionarul metacognitiv extins [235]	1. Cunoștințe declarative 2. Cunoștințe procedurale 3. Cunoștințe condiționale 4. Planificare 5. Monitorizare 6. Evaluare 7. Depanare 8. Gestionarea informației.	50 de itemi grupați pe categorii, aplicabili pre/post rezolvării de sarcini

Integrarea structurilor teoretice, axiologice și metacognitive în procesul de predare a fizicii presupune o re poziționare a demersului didactic de la o abordare centrată pe conținut la una

centrată pe dezvoltarea competențelor și pe învățarea semnificativă. Această schimbare necesită o reconceptualizare a rolului profesorului, a modului de structurare a lecției și a relației dintre predare, învățare și evaluare [244]. În Tabelul 2.14 sunt arătate acțiunile profesorului necesare formării diferitor dimensiuni metacognitive.

Tabelul 2.14 Rolul profesorului în cultivarea metacogniției.

Dimensiunea metacognitivă	Rolul profesorului
Cunoștințe declarative	Să prezinte explicit conceptele și terminologia; să încurajeze întrebările și hărțile conceptuale.
Cunoștințe procedurale	Să modeleze pașii de rezolvare, să încurajeze rutine cognitive și analogii.
Cunoștințe condiționale	Să explice când și de ce se aplică anumite legi sau metode alternative.
Planificare	Să încurajeze stabilirea de obiective și formularea de planuri pentru rezolvarea problemelor.
Monitorizare	Să verifice progresul și să folosească întrebări de tipul „Ce ai înțeles până acum?”
Evaluare	Să folosească rubrici, autoevaluări și reflecții asupra procesului, nu doar asupra rezultatului.
Depanare	Să transforme greșelile în ocazii de învățare și să susțină analiza erorilor.
Gestionarea informațiilor	Să antreneze elevii în selectarea, organizarea și integrarea informației din surse variate.

2.4.2. Corelația între metacogniție, atitudine și cunoștințele teoretice

Scopul școlii este în primul rând de a forma cetățeni alfabetizați din punct de vedere științific și care au CIPV. În acest context metacogniția este o componentă importantă a învățării deoarece ajută atât la înțelegerea conceptuală a fizicii cât și la formarea CIPV. De asemenea metacogniția este baza învățării autoghidate [152].

Problema măsurării nivelului metacogniției este tot mai des întâlnită în literatura științifică internațională. De exemplu în lucrările [224; 225] este prezentat un formular pentru a măsura metacogniția elevilor la rezolvarea problemelor de fizică. Autorii au considerat că la rezolvarea problemelor de fizică lucrează șase componente ale metacogniției elevilor: 1) înțelegerea cogniției proprii; 2) planificarea, 3) monitorizarea și 4) evaluarea învățării proprii; 5) corectarea sau ajustarea propriei învățări și 6) managementul informațiilor.

Un formular cu 50 întrebări pentru evaluarea cunoașterii declarative, procedurale și condiționale și a abilităților de planificare a învățării, strategiilor de management a informației, de monitorizarea înțelegerii proprii, de structurare și ierarhizare a cunoștințelor este prezentat în lucrarea [235]. Acest studiu a observat relații directe și indirecte semnificative între metacogniție, cunoaștere epistemică, încrederea în propriile capacități, recunoaștere și interes.

Menționăm că diferite grupuri de cercetători structurează metacogniția în mod diferit. De exemplu în lucrarea [116] s-au identificat opt factori ai metacogniției care contribuie la rezolvarea problemelor de fizică, cum ar fi: 1) cunoștințe declarative, 2) cunoștințe procedurale, 3) cunoștințe condiționale, 4) planificare, 5) monitorizare, 6) evaluare, 7) depanare și 8) gestionarea informațiilor. În acest caz, înainte de a răspunde la chestionar studenții au rezolvat două probleme de fizică.

Înțelegerea de către elevi a metodelor de învățare este măsurată în cadrul studiului European Training Foundation desfășurat în Muntenegru [198], unde este arătat că:

- 28% elevi nu înțeleg materialul pe care-l studiază
- 40% elevi nu se gândesc ce ar mai trebui de învățat la tema dată
- 20% elevi nu depun un efort să înțeleagă materialul nou, să-l conecteze cu cel deja cunoscut, nu trec materialul încă o dată dacă nu l-au înțeles
- $\frac{1}{2}$ elevi nu-și fac notițe când învață
- $\frac{1}{3}$ elevi nu subliniază principalul, nu trec materialul de mai multe ori, nu învață pe de rost definițiile, noțiunile noi.
- $\frac{1}{3}$ elevi nu sunt sistematici în efortul de învățare, învață în ultimul moment, sau copiază de la colegi.

Astfel, în acest paragraf al tezei ne punem problema măsurării corelației între metacogniție, cunoașterea axiologică (atitudine) și succesul academic al elevilor. Astfel seturile de date referitoare la metacogniție și atitudine vor fi interpretate ca variabile dependente, iar rezultatele evaluărilor sumative – ca variabile independente.

S-au considerat trei componente a metacogniției: cunoașterea cognitivă; reglarea cognitivă; aplicarea strategiilor metacognitive și trei componente a cunoașterii axiologice: atitudinea față de învățarea fizicii; valorile fundamentale în învățarea fizicii; etica în învățarea fizicii.

Componentele metacogniției au fost structurate în:

Cunoașterea Cognitivă: Înțelegerea de către elev a propriei gândiri și a proceselor cognitive. Acest aspect implică conștientizarea asupra modului în care elevul procesează informația, ia decizii și rezolvă probleme. Cunoașterea cognitivă permite elevului să recunoască strategiile pe care le folosește în diferite situații și să evalueze eficiența strategiilor aplicate în procesul său de învățare.

Reglarea Cognitivă: Capacitatea de a controla și ajusta procesele cognitive pentru a îmbunătăți performanța. Reglarea cognitivă implică monitorizarea atentă a progresului, evaluarea strategiilor utilizate și, dacă este necesar, ajustarea acestora pentru a îndeplini obiectivele propuse.

Această componentă implică, de asemenea, auto-controlul și auto-reglarea în timpul activităților cognitive.

Aplicarea Strategiilor Metacognitive: Utilizarea conștientă a diferitelor strategii pentru a îmbunătăți procesele cognitive. Aceasta include alegerea și aplicarea strategică a tehnicii de învățare sau a unui set de reguli în funcție de cerințele unei sarcini specifice. Exemple de strategii metacognitive includ planificarea, monitorizarea, evaluarea și ajustarea de către elevi a propriei învățări.

Astfel, prin dezvoltarea acestor trei componente, elevii devin capabili să-și optimizeze procesele de învățare, să își îmbunătățească performanța în rezolvarea problemelor și să devină mai eficienți în gestionarea sarcinilor cognitive. Metacogniția este esențială pentru învățare și auto-reglare, contribuind la dezvoltarea abilităților de gândire critică și la atingerea succesului academic și personal pe termen lung.

Componentele cunoașterii axiologice au fost structurate în:

Atitudinea față de învățarea fizicii: Elevii au o atitudine pozitivă și deschisă față de studiul fizicii, ei recunosc importanța și relevanța acestei discipline în viața de zi cu zi și pentru înțelegerea lumii înconjurătoare.

Valorile fundamentale în învățarea fizicii: Elevii manifestă, se identifică și susțin astfel de valori fundamentale precum curiozitatea, perseverența, colaborarea și respectul în contextul procesului de învățare a fizicii. Aceste valori sunt baza unei conduite pozitive în învățarea fizicii.

Etica în învățarea fizicii: Înțelegerea și promovarea evaluării etice în studiul fizicii, incluzând conștientizarea impactului etic al cercetării, respectarea drepturilor colegilor de clasă și conștientizarea responsabilității sociale asociate cu cunoașterea științifică.

Aceste componente sunt esențiale pentru a asigura nu doar o înțelegere adecvată a conținutului științific, ci și pentru a forma atitudini și valori care să susțină dezvoltarea continuă în domeniul fizicii și să promoveze o implicare pozitivă și responsabilă în procesul de învățare.

Pentru a vedea dacă există o corelație dintre metacogniție, atitudine și succesul academic al elevilor de clasa a 7-a la fizică s-a pus problema de a măsura succesul academic prin teste de evaluare elaborate conform referențialului de evaluare a competențelor specifice disciplinei și standardelor de eficiență a învățării [27; 189]. Pentru măsurarea nivelului de atitudine și metacogniție s-a elaborat un chestionar (vezi Anexa 17) la care au răspuns elevii. În acest scop, patru clase de a 7-a din IPLT "Mihai Eminescu" mun. Ungheni au realizat două teste de evaluare sumativă în urma studierii capitolelor "Mișcarea și repausul" (test realizat la 12.10.2023) și "Interacțiuni" (test realizat la 14.12.2023) [12; 16]. Chestionarul pentru evaluarea nivelului de metacogniție și atitudine a fost completat de aceiași elevi la 13.11.2023. Așa cum unii elevi au

lipsit sau la evaluare sau la chestionare s-au procesat datele colectate de la elevii prezenți: la 110 elevi de clasa a 7-a dintre care 55 băieți și 55 fete.

Chestionarul propus este structurat în 30 de întrebări dintre care 15 întrebări despre 3 componente ale metacogniției și 15 întrebări despre 3 componente ale atitudinii. Fiecărei componente îi corespund câte 5 întrebări. Fiecare întrebare are 5 opțiuni de răspuns, după scara Likert, unde elevul putea să aleagă doar una din cinci. De exemplu, două întrebări pentru evaluarea conștientizării cognitive sunt:

Pot singur să identific și să depășesc dificultățile întâmpinate la înțelegerea unei teme noi la fizică.

Cu greu	În mică măsură	Ocazional	În mare măsură	Cu ușurință

Atunci când rezolvi o problemă la fizică, ești conștient de modul în care gândești?

Deloc	Puțin	Parțial	În mare măsură	Pe deplin

Menționăm că variantele de răspuns diferă în dependență de întrebare. Răspunsurile sunt notate de la stânga spre dreapta respectiv cu 1, 2, 3, 4 și 5 după scara Likert.

De asemenea au fost cinci întrebări pentru componenta Controlul cognitiv. Iată două dintre ele:

Îmi setez singur obiective clare pentru a-mi gestiona învățarea la fizică.

Nu îmi setez obiective	Rareori	Ocazional	Deseori	Întotdeauna

Pentru a-mi îmbunătăți rezultatele la fizică, îmi evaluez singur cunoștințele.

Deloc	Rareori	Ocazional	Deseori	Întotdeauna

Pentru evaluarea gradului de utilizare a strategiilor cognitive de asemenea au fost cinci întrebări. Prezentăm două exemple cu opțiuni de răspuns identice:

Aleg și folosesc intenționat diverse strategii de rezolvare a problemelor de fizică.

Înțeleg modul în care folosesc anumite metode de memorare.

Deloc	Puțin	Parțial	Foarte	Complet

Pentru evaluarea componentei atitudinii elevilor față de învățarea fizicii au fost cinci întrebări. Prezentăm două exemple:

Îmi place să învăț lucruri noi și să rezolv probleme la lecțiile de fizică.

Înțelegerea fizicii îmi poate fi utilă în viața mea de zi cu zi.

Pentru evaluarea componentei atitudinii care se referă la valorile fundamentale în învățarea fizicii au fost propuse cinci întrebări – prezentăm un exemplu:

Apreciez astfel de calități precum curiozitatea și dorința de a înțelege lucruri noi la lecția de fizică.

Pentru componenta de etică în învățarea fizicii au fost propuse cinci întrebări de tipul:

Cred că e important să nu trișezi la lucrările de laborator.

Ipoteza de cercetare

Ipoteza nulă H_0 : Rezultatele academice ale elevilor nu sunt influențate de nivelul lor de metacogniție și atitudine (cunoaștere axiologică).

Ipoteza alternativă H_1 : Rezultatele academice ale elevilor sunt influențate pozitiv de nivelul lor de metacogniție și atitudine (cunoaștere axiologică).

Rezultatele analizei statistice

În Tab. 2.15 sunt prezentate rezultatele statisticii descriptive. A participat același număr de băieți și fete – 55. Media punctajului pentru nivelul de metacogniție este aceeași la băieți și la fete; media pentru nivelul atitudinii la fete este mai mare decât la băieți; iar rezultatele evaluării sunt mai înalte la fete decât la băieți. Devierea standard vorbește despre gradul de dispersie a rezultatelor individuale față de medie. Așa cum pentru toate cazurile (metacogniție, atitudine, evaluare) atât la băieți cât și la fete rezultatele testului Shapiro-Wilk sunt mai mari decât valoarea de referință, nu putem concluziona că datele nu provin dintr-o distribuție normală. Aceasta înseamnă că analizele care presupun o distribuție normală sunt adecvate pentru aceste seturi de date.

Tabelul 2.15 Statistica descriptivă pentru metacogniție, atitudine și succesul academic

	Metacogniție		Atitudine		Evaluare	
	B	F	B	F	B	F
Nr. elevi	55	55	55	55	55	55
Modulul	2.967	3.012	3.082	3.728	5.502	6.407
Mediana	3.100	3.100	3.300	3.600	6.000	6.500
Media	3.182	3.262	3.395	3.558	6.118	6.409

Devierea Std	0.474	0.611	0.558	0.551	1.475	1.316
Shapiro-Wilk test	0.974	0.958	0.973	0.948	0.939	0.982
P-value of Shapiro-Wilk	0.281	0.050	0.249	0.019	0.008	0.589
Minimum	2.300	2.000	2.300	2.700	4.000	3.500
Maximum	4.300	4.900	4.700	4.700	10.000	10.000

Caracterul normal al distribuției datelor este confirmat și de graficele distribuției elevilor după nivelul metacogniției (vezi Fig. 2.13), atitudinii (vezi Fig. 2.14) și rezultatele evaluărilor (vezi Fig. 2.15).

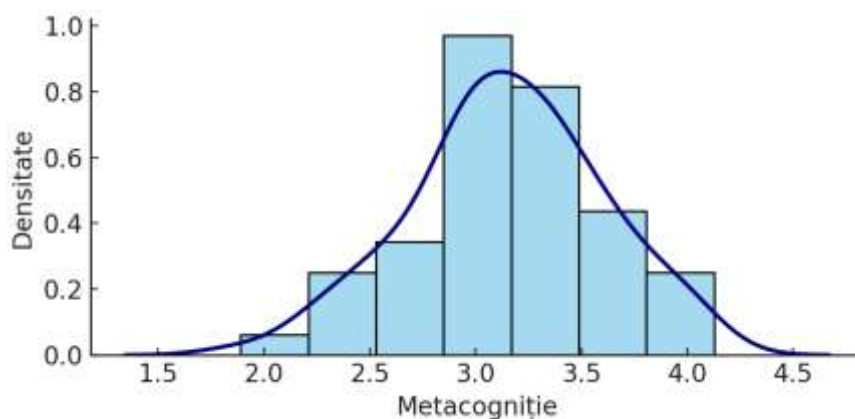


Fig. 2.13 Distribuția elevilor după nivelul de metacogniție.

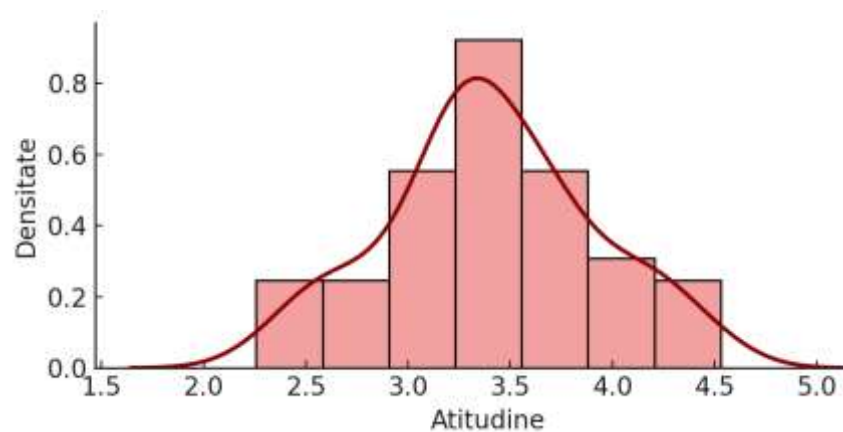


Fig. 2.14 Distribuția elevilor după nivelul atitudinii.

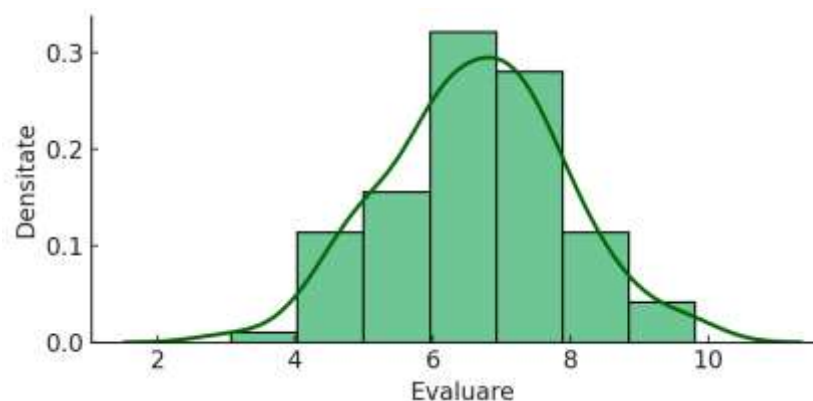


Fig. 2.15 Distribuția elevilor după rezultatele evaluării.

În Tabelul 2.16 sunt prezentate rezultatele calculării coeficienților de corelație între metacogniție, atitudine și succesul academic. Valorile coeficienților de corelație r – Pearson și ρ – Spearman indică că există o corelație pozitivă moderată între nivelul de metacogniție și succesul academic al elevilor, nivelul de atitudine și succesul academic, cât și între metacogniție și atitudine. Este interesant de menționat că în cadrul acestor trei perechi cea mai puternică corelare este între metacogniție și atitudine – o înțelegere mai profundă a propriei învățări se transformă în atitudine pozitivă față de obiect, în cazul dat – fizica. Acest lucru se poate vizualiza și grafic (vezi Fig. 2.16-2.18). Subliniem că rezultatele noastre referitor la coeficienții de corelare între metacogniție, succesul academic și atitudine corespund calitativ și cantitativ cu rezultatele altor cercetări. De exemplu, atunci când studiază corelarea dintre cele cinci dimensiuni ale competenței de a învăța – cognitivă, metacognitivă, afectivă, socială și etică – grupul spaniol Fran J. Garcia-Garcia et al. de la Universitatea din Valencia a obținut astfel de valori pentru coeficientul Spearman: Metacogniție – Atitudine: 0,611; Cogniție – Metacogniție: 0,631 [94].

Tabelul 2.16 Corelarea între metacogniție, atitudine și succesul academic

	Pearson		Spearman	
	r	p	rho	p
Metacogniție – Succesul academic	0.506	< .001	0.547	< .001
Atitudine – Succesul academic	0.483	< .001	0.499	< .001
Metacogniție – Atitudine	0.731	< .001	0.674	< .001

Pe Fig. 2.16 este prezentată grafic corelația între metacogniție și succesul academic (sau rezultatele evaluării). Este interesant de menționat că notele cele mai mari (≥ 9) le au elevii cu un nivel de metacogniție mediu (cinci astfel de elevi) și doar un singur elev de nota 9 își apreciază înțelegerea propriei învățări cu 4 din 5 după scara Likert.

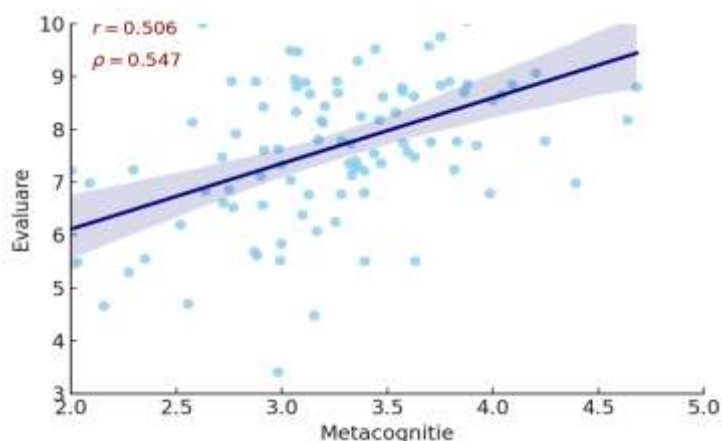


Fig. 2.16 Corelația între metacogniție și succesul academic.

Pe Fig. 2.17 este prezentată grafic corelația între atitudine și rezultatele evaluării. Se vede că o dispersie mai mare a datelor diminuează coeficientul de corelație.

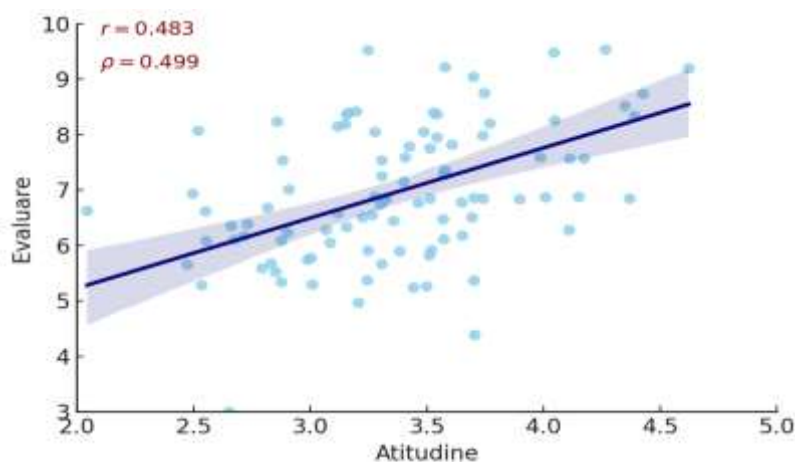


Fig. 2.17 Corelația între atitudine și rezultatele evaluării.

Pe Fig. 2.18 este prezentată grafic corelația între atitudine și metacogniție. Se vede că o densitate mai mare a datelor determină o corelație mai puternică. În mod corespunzător, dreapta de corelație este înclinată mai mult. În concluzie, din Fig. 2.16 - 2.17 se observă clar că cu cât valorile lui *Pearson r* și *Spearman rho* sunt mai aproape de unitate, cu atât corelația este mai pronunțată.

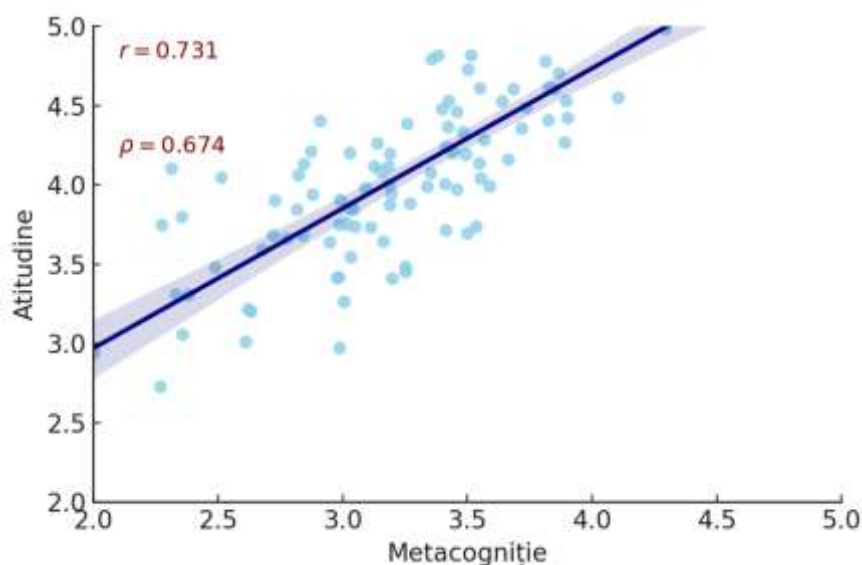


Fig. 2.18 Corelația între atitudine și metacogniție.

În Tabelul 2.17 sunt prezentate rezultatele analizei regresiei liniare, efectuate în scopul verificării ipotezelor de cercetare. Din datele acestui tabel se vede că ipoteza nulă H_0 despre inexistența corelației între metacogniție, atitudine și succesul academic nu se confirmă, dar se confirmă ipoteza alternativă H_1 $R(H_0) = 0$; $0 < R(H_1) < 1$.

Tabelul 2.17 Analiza regresiei liniare

	Model	R	R ²	Adjusted R ²
Succesul academic vs. metacogniție	H ₀	0.000	0.000	0.000
	H ₁	0.506	0.256	0.249
Succesul academic vs. atitudine	H ₀	0.000	0.000	0.000
	H ₁	0.483	0.234	0.227
Metacogniție vs. atitudine	H ₀	0.000	0.000	0.000
	H ₁	0.731	0.534	0.530

Astfel, în rezultatul acestei cercetări am stabilit că nu s-a confirmat ipoteza nulă despre inexistența corelației în atitudine, metacogniție și succesul academic, coeficientul de regresie R pentru modelul H_0 fiind egal cu zero. S-a confirmat ipoteza alternativă că “succesul academic al elevilor este influențat pozitiv de nivelul de metacogniție și atitudine”, valoarea coeficientului de regresie fiind $R > 0$. De asemenea, așa cum în cazul *succesul academic vs. metacogniție* coeficientul de regresie $R(H_1) = 0,256$, putem afirma că circa 25% din rezultatele evaluării sunt determinate de metacogniție; iar în cazul *succesul academic vs. atitudine* $R(H_1) = 0,234$ și cca 23% - de nivelul atitudinii. Aceasta înseamnă că dacă vom reuși să obținem o creștere a metacogniției cu o unitate pe scara Likert, atunci am putea obține o creștere a succesului academic cu o pătrime, adică un elev de nota opt va deveni unul de nota zece. În mod similar, o creștere a

atitudinii cu o unitate pe scara Likert se va transforma într-o creștere de 23% a rezultatelor academice. În același context, am obținut că metacogniția și atitudinea se influențează reciproc destul de puternic: $R(H_1) = 0,534$ – peste 50% dintr-o mărime este influențată de cealaltă mărime. În final, dacă examinăm graficele din Fig. 2.17-2.18 observăm că există elevi cu un nivel relativ ridicat de metacogniție și atitudine, dar care au note joase la evaluări. Aici pot fi multiple cauze: de la nivelul de stres din timpul evaluării, metode didactice ineficiente care nu pun în valoare potențialul elevului, diferiți factori sociali extrașcolari, etc.

Rezultatele acestui capitol sunt prezentate în lucrările [47] „Formarea competențelor cheie în cadrul predării capitolului interacțiuni prin câmpuri”, [43] „Assessment of Lifelong Learning Skills Formed in the 6th Grade Physics Course”, [44] „Conceptul ideilor științifice mari și aplicarea lui la formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții”, [51] „Integrating Black Holes and Gravitational Waves into School Physics”, [42] „Analiza comparată a curriculumului și a manualelor de fizică pentru clasa a VII-a din România, Rusia și Republica Moldova din punctul de vedere al susținerii conceptului de competențe de învățare pe tot parcursul vieții” și [45] „Correlation Between Metacognition, Attitude and Academic Success in 7th Grade Physics Course”.

2.5 Concluzii la capitolul 2

Capitolul 2 este consacrat fundamentării metodologice a procesului de formare a CIPV în cadrul lecțiilor de fizică din gimnaziu. În prima parte a capitolului au fost clarificate conceptele fundamentale asociate CIPV și corelația acestora cu aptitudinile și atitudinile dezvoltate prin proiecte didactice bazate pe cercetare, precum și cu competențele specifice domeniului fizicii. Ulterior, a fost analizată integrarea strategiilor didactice și a modelelor educaționale inovative în proiectarea și desfășurarea lecțiilor de fizică, cu scopul modernizării procesului de predare și stimulării învățării active. O atenție deosebită a fost acordată conceptului ISM și modului în care acesta contribuie la dezvoltarea gândirii științifice și a CIPV. În final, a fost analizată structura cunoașterii implicate în procesul de învățare a fizicii, prin examinarea relațiilor dintre cunoașterea teoretică, dimensiunea axiologică și metacogniție, în vederea înțelegerii modului în care aceste componente contribuie la reglarea procesului de învățare și la dezvoltarea CIPV. În acest context, principalele concluzii ale Capitolului 2 sunt următoarele:

1. A fost analizată dezvoltarea cunoașterii epistemologice, praxiologice, axiologice și metacognitive în contextul formării competențelor de învățare pe tot parcursul vieții, evidențiindu-se rolul complementar al acestor dimensiuni în construirea unei învățări științifice profunde și durabile în cadrul lecțiilor de fizică.

2. Proiectele didactice bazate pe învățarea științelor prin metoda cercetării oferă un cadru pedagogic adecvat pentru formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții, prin integrarea activităților de investigare, colectare și analiză a datelor, prezentare și dezbateri a rezultatelor, contribuind la dezvoltarea colaborării, comunicării și reflecției critice.
3. Aplicarea conceptului ideilor științifice mari în elaborarea și structurarea proiectelor de învățare prin cercetare a evidențiat rolul activ al profesorului ca facilitator al procesului de învățare, responsabil de orientarea demersului investigativ și de susținerea dezvoltării atitudinilor pozitive față de știință.
4. Au fost formulate principii didactice orientate explicit spre formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții, precum aplicarea cunoștințelor în contexte autentice, dezvoltarea abilităților experimentale, cultivarea gândirii critice și consolidarea unei atitudini reflexive față de procesul de învățare.
5. Analiza a demonstrat importanța competențelor metacognitive ca fundament al competențelor de învățare pe tot parcursul vieții și al capacității de autoînvățare, în special în contextul utilizării metodelor didactice bazate pe cercetare în ciclul gimnazial.
6. Au fost identificate și analizate instrumente eficiente de evaluare formativă, precum întrebările conceptuale, semnalele de reper și autoevaluarea, care susțin dezvoltarea reflecției asupra propriei învățări și contribuie la consolidarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții.
7. Analiza comparativă a curriculumului și a manualelor școlare din Republica Moldova, România și Rusia a evidențiat diferențe semnificative în ceea ce privește integrarea CIPV, subliniind necesitatea unei abordări curriculare moderne, orientate spre aplicabilitate și dezvoltare competențială.
8. A fost evidențiată corelația pozitivă dintre nivelul de autonomie al elevilor în procesul de învățare și dezvoltarea CIPV, confirmând importanța responsabilizării elevilor și a implicării active în propriul demers educațional.
9. În predarea fizicii, strategii precum jurnalul reflexiv, prezentarea posterelor, simulările virtuale și instruirea mutuală s-au dovedit eficiente în formarea competențelor de reflecție, argumentare și comunicare științifică, esențiale pentru învățarea continuă.
10. Conceptul sinergiei didactice, integrat cu modele educaționale validate, precum modelul 5E, clasa inversată, instruirea mutuală și utilizarea întrebărilor conceptuale, oferă un cadru coerent pentru proiectarea lecțiilor de fizică orientate spre formarea CIPV.

11. A fost descris rolul limbajului științific și al exprimării coerente ca indicatori relevanți ai dezvoltării CIPV, evidențiindu-se impactul pozitiv al strategiilor didactice integrate asupra acestor dimensiuni.
12. Au fost prezentate exemple de integrare a evaluării formative digitalizate în predarea fizicii, cu accent pe sprijinirea înțelegerii conceptuale, identificarea dificultăților cognitive și stimularea reflecției asupra procesului de învățare.
13. Analiza structurii cunoașterii științifice a evidențiat importanța abordării integrate a cunoașterii teoretice, axiologice și metacognitive, subliniind rolul activ al profesorului în susținerea și armonizarea acestor componente în procesul didactic.
14. Studiul empiric realizat a demonstrat existența unei corelații pozitive semnificative între metacogniție, atitudine și succesul academic al elevilor, cea mai puternică relație fiind identificată între metacogniție și atitudine, fapt care confirmă importanța abordărilor reflexive și a dezvoltării conștientă a proceselor de autoreglare în educația științifică.

Astfel, s-a demonstrat că formarea CIPV în cadrul lecțiilor de fizică presupune raportarea simultană la mai multe niveluri ale procesului educațional, care includ metodele de predare și învățare, strategiile didactice, structura conținuturilor științifice și mecanismele cognitive implicate în învățare. Prin examinarea proiectelor didactice bazate pe cercetare, a strategiilor centrate pe activitatea elevilor, a conceptului Ideilor Științifice Mari și a structurii cunoașterii teoretice, axiologice și metacognitive, capitolul oferă un cadru de analiză care permite înțelegerea modului în care aceste dimensiuni pot fi corelate în proiectarea și desfășurarea lecțiilor de fizică. Rezultatele analizei empirice privind relațiile dintre metacogniție, atitudine și cunoașterea teoretică susțin necesitatea abordării integrate a procesului de învățare, în care elevul este implicat activ în construirea și reglarea propriei învățări, iar profesorul are rolul de a orienta și susține acest demers în contexte educaționale specifice. Aceste rezultate sunt valorificate în articole științifice și comunicări prezentate la conferințe naționale și internaționale de specialitate.

3. MODEL PEDAGOGIC DE FORMARE LA LECȚIA DE FIZICĂ A COMPETENȚELOR DE ÎNVĂȚARE PE TOT PARCURSUL VIEȚII

3.1 Studiul relației dintre CIPV și componentele cunoașterii

3.1.1. Structura cunoașterii științifice și cadrul metodologic al cercetării la lecția de fizică

În contextul formării CIPV, lecția de fizică capătă o importanță aparte prin potențialul său de a articula armonios cunoașterea științifică, gândirea critică și valorile personale. Astfel, formarea CIPV nu poate fi disociată de dezvoltarea echilibrată a celor trei tipuri de cunoaștere relevante în predarea fizicii: cunoștințele teoretice, cunoștințele practice și cunoștințele bazate pe atitudine. Această triplă structură a cunoașterii permite abordarea integrată a conținuturilor științifice nu doar ca obiecte de învățare, ci ca instrumente de formare a unui mod de gândire activ, responsabil și deschis în fața complexității realității.

Cunoștințele teoretice implică în primul rând înțelegerea profundă a conceptelor și a principiilor fundamentale ale fizicii, oferind elevilor repere pentru explicarea fenomenelor naturale și pentru structurarea logică a ideilor [78]. Astfel de achiziții nu doar consolidează cultura științifică a elevului, ci dezvoltă și capacitatea acestuia de a accesa, selecta și reconstrui informația în mod critic și autonom – o trăsătură esențială a învățării pe tot parcursul vieții [45].

Cunoștințele praxiologice, presupun aplicarea principiilor teoretice în contexte variate de rezolvare de probleme și activități experimentale, încurajând dezvoltarea abilităților transferabile. Acestea implică nu doar rezolvarea mecanică a sarcinilor, ci mai ales învățarea prin explorare, modelare, investigare și utilizarea eficientă a resurselor tehnologice și digitale [160]. În această direcție, utilizarea tehnologiilor informaționale și de comunicare (TIC) în cadrul lecțiilor de fizică contribuie semnificativ la formarea unei autonomii cognitive și la cultivarea unor rutine de învățare activă și personalizată, caracteristice unui profil de învățare permanentă.

Cunoștințele bazate pe atitudine reflectă dimensiunea axiologică a educației științifice, fiind esențiale pentru integrarea valorilor personale în actul de cunoaștere și în relația elevului cu știința. Acestea vizează formarea unor trăsături precum etica intelectuală, responsabilitatea, perseverența, colaborarea și deschiderea către dialogul rațional [7]. Într-un cadru de învățare autentic și reflexiv, aceste valori se dezvoltă organic prin activități de grup, argumentare și autoevaluare, contribuind astfel la dezvoltarea unui profil de învățare durabil și implicat social [188].

Prin urmare, integrarea celor trei tipuri de cunoștințe în procesul didactic nu reprezintă doar o strategie pedagogică eficientă, ci și o condiție necesară pentru formarea CIPV. Lecția de fizică devine astfel un spațiu de formare integrată, în care învățarea de concepte, aplicarea lor practică și reflectarea valorică se susțin reciproc, construind un cadru coerent pentru dezvoltarea unor indivizi

capabili să învețe continuu, să se adapteze critic și să acționeze etic în diverse contexte ale vieții personale și profesionale.

În efortul de a transforma lecția de fizică într-un spațiu de formare complexă a CIPV, metodele de instruire interactivă capătă o relevanță tot mai mare. Dintre acestea, metoda IM, (*Peer Instruction*), propusă de Eric Mazur și colegii săi [66], s-a dovedit a fi una dintre cele mai eficiente abordări pentru activarea învățării profunde și pentru dezvoltarea unor capacități transversale esențiale precum autonomia, gândirea critică, metacogniția, argumentarea și învățarea colaborativă – toate fiind componente definitorii ale CIPV.

Metoda IM este construită pe un principiu simplu, dar profund: învățarea devine mai eficientă atunci când elevii sunt provocați să gândească activ și să își confrunte ideile în mod rațional. În cadrul unei lecții structurate pe acest model, elevii sunt puși în fața unei IC, adesea de tip predictiv sau cu variante multiple, care vizează un punct de tensiune cognitivă, o zonă în care concepțiile preexistente ale elevilor pot intra în conflict cu modelul științific corect explicat de profesor. În cadrul IM mai întâi fiecare elev reflectează individual asupra răspunsului la întrebarea conceptuală, ceea ce stimulează autonomia cognitivă și responsabilitatea în raport cu propria înțelegere. Apoi, urmează etapa esențială de discuție în perechi, în care elevii își argumentează reciproc opțiunile, își clarifică punctele de vedere și, adesea, își ajustează înțelegerea pe baza raționamentului colegului. Subliniem că datorită discuției în perechi, când elevii își argumentează varianta de răspuns pe care au ales-o, metoda are denumirea de instruire mutuală, adică reciprocă.

Acest dialog între elevi contribuie la formarea competențelor de comunicare științifică, empatie intelectuală și gândire critică, trăsături centrale pentru un profil de învățare pe termen lung [187]. Interacțiunea elev-elev este dublată de o prezență activă a profesorului, care nu mai este simplu emițător de conținut, ci facilitator al reflecției și mediator al dialogului științific în clasă [212]. Astfel, întreaga lecție devine un mediu în care cunoașterea se construiește în mod social și reflexiv, în deplin acord cu filosofia educației centrate pe competențe.

Subliniem că IM poate fi integrată în metoda tradițională de predare, prin includerea în orice lecție a IC, fiind astfel compatibilă cu structura curriculară existentă. Prin inserarea IC ca secvențe de interacțiune cognitivă în cadrul lecției, elevii nu doar că își îmbunătățesc înțelegerea conceptuală a fenomenelor fizice, dar sunt și încurajați să reflecteze asupra modului în care gândesc, asupra surselor de eroare și asupra strategiilor proprii de rezolvare – ceea ce favorizează dezvoltarea metacogniției, o componentă centrală a CIPV [66]

Gjerde și Hagane [101] au analizat discuțiile dintre elevi în cadrul instruirii mutuale, identificând procesele cognitive activate și modul în care sunt respectate regulile discuției. Explicațiile bazate pe concepte fizice au contribuit la clarificarea problemelor, în timp ce unele

explicații intuitive sau analogice au fost incorecte ori au generat confuzie. Rezultatele indică necesitatea formulării unor reguli de discuție care să susțină raționamentul conceptual. Elevii învață nu doar *ce* este corect, ci *de ce* este corect – și *cum* să-și ajusteze propriile raționamente. Această dimensiune reflexivă a învățării este una dintre cele mai valoroase achiziții pe termen lung.

Un alt avantaj major al metodei este flexibilitatea și accesibilitatea sa pentru profesori. Spre deosebire de alte forme de învățare activă care presupun resurse speciale sau timpuri extinse de pregătire, IM poate fi aplicată cu ușurință în orice clasă, fără modificări structurale ale orarului sau ale conținutului. Profesorul are rolul de a identifica conceptele-cheie ale lecției, de a formula IC relevante și de a modera secvențele de reflecție și discuție. Simplitatea acestei metode este tocmai unul dintre motivele pentru care s-a extins atât de rapid în practica didactică internațională.

Din perspectiva dezvoltării CIPV, IM contribuie la educarea unei atitudini active față de cunoaștere, la valorizarea cooperării ca sursă de progres cognitiv, precum și la consolidarea unei culturi a argumentării științifice și a învățării continue. Elevii învață să recunoască incertitudinea, să pună întrebări, să accepte și să corecteze greșelile – comportamente fundamentale pentru adaptarea într-o societate bazată pe știință și schimbare. Astfel, metoda IM nu este doar o tehnică didactică eficientă, ci un cadru pedagogic care favorizează formarea unui profil de elev autonom, reflexiv, colaborativ și orientat spre învățare continuă, în deplină concordanță cu obiectivele educației pentru CIPV.

În contextul promovării CIPV, sistemele educaționale contemporane se confruntă cu o provocare esențială: discrepanța între metodele de predare argumentate științific (*Research-Based Science Education*) și realitățile concrete ale practicii pedagogice din școală [135]. Deși domeniul educației în științe, în particular în fizică, a cunoscut o dezvoltare semnificativă în ultimele decenii, orientându-se spre integrarea competențelor-cheie, a celor de cercetare și a unei viziuni europene asupra învățării permanente, numeroase studii recente evidențiază existența unui decalaj persistent între intențiile declarate la nivel curricular și implementarea efectivă în sălile de clasă [209].

Acest decalaj nu reflectă doar dificultăți de implementare curriculară, ci indică tensiuni sistemice între intențiile declarate privind formarea competențelor-cheie, în special CIPV, și realitățile cognitive, afective și sociale ale învățării în sala de clasă [199].

CIPV presupune mai mult decât acumularea de cunoștințe; ea înseamnă formarea unui mod de gândire autonom, reflexiv, valoric și aplicativ, capabil să funcționeze eficient în contexte variate, dinamice și adesea nestructurate. În această optică, lecția de fizică devine un spațiu privilegiat pentru formarea acestor competențe, dar cu condiția ca și evaluarea să reflecte complexitatea acestor achiziții. Literatura de specialitate atrage atenția asupra acestei nevoi de

revizuire a instrumentelor de evaluare, arătând că multe dintre metodele actuale sunt centrate predominant pe performanța factuală sau algoritmică [123], neglijând componentele reflexive și valorice. Pe de altă parte, studii precum cele ale lui Hodosyová et al. [124] pun accentul pe măsurarea abilităților științifice ca proces, formularea ipotezelor, interpretarea datelor, controlul variabilelor, dar nu întotdeauna contextualizează aceste abilități în raport cu aplicabilitatea lor socială sau cu înrădăcinarea lor axiologică.

O evaluare coerentă a CIPV formate în cadrul lecțiilor de fizică impune o abordare integratoare care să depășească logica testării performanțelor de suprafață. Adică, este necesară o viziune evaluativă care să ia în considerare cel puțin trei dimensiuni fundamentale: cunoașterea teoretică, cunoașterea aplicativă și cunoașterea axiologică. Aceste dimensiuni nu trebuie privite ca entități separate, ci ca elemente complementare ale unei competențe științifice funcționale și durabile.

- Cunoașterea teoretică cuprinde fundamentele conceptuale ale fizicii (legi, teorii, modele) și ține de capacitatea elevului de a înțelege structura logică a științei.
- Cunoașterea aplicativă presupune utilizarea acestor concepte în contexte concrete, fie ele experimentale, tehnologice sau situații de problemă. Ea este esențială pentru formarea capacității de a transfera cunoștințele în afara clasei, în contexte reale, una dintre condițiile definitorii ale CIPV.
- Cunoașterea axiologică, adesea marginalizată în evaluările tradiționale, integrează dimensiunea etică, critică și socială a științei, dezvoltând în elev capacitatea de a valoriza cunoașterea, de a judeca responsabil implicațiile unei descoperiri, de a lucra cooperant și de a reflecta asupra rolului științei în societate.

Ignorarea uneia dintre aceste dimensiuni produce o formare incompletă și dezechilibrată. Adică o lecție care favorizează doar repetarea conceptelor, fără a încuraja aplicarea sau reflecția axiologică, nu formează competențe de învățare pe termen lung. La fel, o evaluare focalizată exclusiv pe algoritmi sau pe definirea de termeni poate rata exact acele achiziții care fac diferența între un elev care reproduce cunoștințe și unul care este capabil să învețe autonom, să se adapteze și să evalueze critic o situație nouă.

Să examinăm modul în care lecția de fizică, atunci când este proiectată intenționat pe baza unor metode interactive precum IM, poate susține dezvoltarea acestor trei componente ale competenței științifice. Vom analiza, în special, cum pot fi evaluate și corelate aceste componente cu formarea CIPV, punând accent pe următoarele dimensiuni:

- a) Cunoștințe teoretice – ca indicatori ai înțelegerii conceptuale;
- b) Cunoștințe aplicative – ca dovezi ale transferului și utilizării cunoașterii;

- c) Cunoștințe axiologice – ca expresii ale interiorizării valorilor și ale responsabilizării față de procesul științific.

Prin integrarea acestei triade a cunoașterii, IM susține un demers didactic coerent, orientat spre formarea a CIPV la lecțiile de fizică.

Ulterior ne propunem să analizăm modul în care lecția de fizică poate deveni un catalizator al dezvoltării CIPV. În această direcție, metoda IM, îmbinată cu utilizarea sistematică a IC, este aplicată nu doar ca instrument de predare interactivă, ci și ca mecanism de susținere a unui parcurs de învățare complex, în care elevii își construiesc, aplică și valorifică cunoștințele în mod conștient și critic. Evaluarea acestei intervenții pedagogice se concentrează pe triada cunoașterii: cunoștințele teoretice, aplicative și axiologice.

3.1.2. Impactul Instruirii Mutuale asupra cunoașterii declarative, procedurale și condiționale în lecția de fizică

Așa cum am evidențiat trei componente ale cunoașterii, formulăm trei întrebări de cercetare:

IC.1 Cum influențează IM și IC componentele cunoștințelor axiologice?

IC.2 Care este impactul IM și al IC asupra cunoștințelor teoretice?

IC.3 Care dintre componentele Competenței Științifice sunt cel mai puternic influențate de metoda IM combinată cu IC?

Astfel, putem formula trei ipoteze ale cercetării:

H.1 IM și IC au o influență pozitivă semnificativă asupra componentelor cunoștințelor axiologice, în special în îmbunătățirea metacogniției și în formarea atitudinilor elevilor.

H.2 Utilizarea IM și a IC îmbunătățește semnificativ cunoștințele teoretice ale elevilor, așa cum reiese din performanțe mai ridicate la evaluările sumative.

H.3 Metoda IM combinată cu IC influențează pozitiv componentele competenței științifice.

Experimentul s-a desfășurat pe parcursul anului academic 2023–2024 la Liceul Teoretic „Mihai Eminescu” din municipiul Ungheni, Republica Moldova. Patru clase de-a VII-a, însumând un total de 110 elevi (55 băieți și 55 fete), au participat la studiu. IM a fost aplicată la toate lecțiile de fizică (cu excepția laboratoarelor și a lecțiilor de evaluare sumativă de la finalul fiecărui capitol), utilizând câte două-trei IC ca mijloc de evaluare formativă la fiecare lecție. IC au fost concepute pentru a evidenția înțelegerea de către elevi a principalelor concepte ale lecției – IȘM [118], acestea fiind corelate cu obiectivele cognitive ale lecției. Astfel, putem construi un lanț logic: Obiective cognitive – ISM – IC.

Să oferim un exemplu de IC pentru capitolul „Echilibrul de rotație. Mecanisme simple” din cursul de fizică pentru clasa a VII-a.

IC: Dacă un levier are brațul forței de 2 metri și brațul sarcinii de 1 metru, ce se întâmplă cu forța necesară pentru a ridica sarcina, în comparație cu forța aplicată?

- A. Forța necesară este de două ori mai mare decât forța aplicată.
- B. Forța necesară este de două ori mai mică decât forța aplicată.
- C. Forța necesară este egală cu forța aplicată.
- D. Forța necesară nu depinde de lungimea brațului levierului.

Răspunsul corect este varianta B: Forța necesară este de două ori mai mică decât forța aplicată.

Subliniem că în funcție de numărul de IC disponibile, lecția este împărțită în tot atâtea secvențe. Fiecare secvență de lecție este structurată conform Tabelului 3.1.

Tabelul 3.1 Structura unei secvențe de lecție în cadrul metodei Instruirii Mutuale.

Fază	Durată	Acțiuni
Introducere	5 min	Profesorul introduce unul dintre conceptele principale ale lecției.
Întrebare Conceptuală	½ – 1 min	O întrebare provocatoare, legată de temă, este adresată elevilor. Întrebările sunt de tip calitativ, cu patru sau cinci variante de răspuns, și nu necesită calcul matematic.
Reflecție individuală	1 min	Elevii gândesc individual asupra întrebării și votează.
Primul vot	–	Elevii votează. Profesorul nu oferă răspunsul corect după afișarea rezultatelor.
Discuție în perechi	2 min	Elevii își discută răspunsurile în perechi, explicându-și raționamentele și confruntându-și înțelegerile.
Al doilea vot	–	Elevii votează din nou. Profesorul afișează răspunsul corect după vot.
Clarificare	2 min	Profesorul moderează o discuție la nivelul întregii clase. Elevii își împărtășesc concluziile, iar profesorul clarifică eventualele neînțelegeri.
Reevaluare	4 min	Este adresată o întrebare de control sau o problemă pentru a evalua înțelegerea după discuție și clarificare.

Pentru evaluarea cunoștințelor teoretice s-au utilizat rezultatele evaluărilor sumative. În calitate de pre-test s-au folosit rezultatele evaluării sumative de la primul capitol al cursului de fizică din clasa a VII-a, „Mișcarea și repausul”, în timp ce în calitate de post-test s-au utilizat rezultatele de la ultimul capitol, „Echilibrul de rotație. Mecanisme simple”. Testele de evaluare au fost elaborate în conformitate cu *Referențialul de evaluare a competențelor specifice formate elevilor*, aprobat de Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova [27].

Cunoștințele condiționale, care includ metacogniția și atitudinea, au fost evaluate prin pre-test și post-test aplicate la începutul și sfârșitul anului școlar. A fost utilizat același chestionar din cercetarea anterioară a autorilor [45].

De asemenea au fost evaluate trei componente ale metacogniției:

- cunoașterea cognitivă – înțelegerea de către elevi a procedurilor și strategiilor pe care le folosesc în învățare;
- autoreglarea cognitivă – monitorizarea și reglarea propriului proces de învățare;
- aplicarea strategiilor metacognitive – alegerea și utilizarea deliberată a diferitelor proceduri și strategii de învățare în funcție de sarcina cognitivă.

Referitor la atitudine, sau cunoștințele axiologice, evaluarea a fost structurată de asemenea în trei componente:

- atitudinea propriu-zisă;
- valorile de bază ale elevilor în procesul de învățare a fizicii;
- respectarea principiilor etice în procesul de învățare a fizicii.

Pentru evaluarea cunoștințelor aplicative, au fost analizate răspunsurile elevilor la itemii practici din testele de evaluare sumativă.

Tabelul 3.2 Statistica descriptivă pentru metacogniție, atitudine și succes academic.

	Metacogniția				Atitudinea				Succesul academic			
	Pre-test		Post-test		Pre-test		Post-test		Pre-test		Post-test	
	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F	B	F
Valid	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Mediana	3.100	3.100	3.300	3.700	3.300	3.600	3.600	3.900	5.000	6.000	7.000	7.000
Media	3.182	3.262	3.278	3.615	3.395	3.558	3.515	3.698	5.291	5.618	7.436	7.455
Dev. Std.	0.474	0.611	0.671	0.681	0.558	0.551	0.615	0.498	1.843	1.533	1.014	0.978
Shapiro-Wilk	0.970		0.963		0.965		0.961		0.961		0.901	
Valoare P	0.014		0.004		0.005		0.003		0.003		<0.001	
Minimum	2.300	2.000	1.900	1.900	2.300	2.700	2.300	2.700	2.000	2.000	5.000	5.000
Maximum	4.300	4.900	4.400	4.600	4.700	4.700	4.700	4.700	10.00	10.00	10.00	10.00
Suma	175.0	179.4	180.3	198.8	186.7	195.7	193.3	203.4	291.0	309.0	409.0	410.0

Din tabelul 3.2 rezultă că după un an academic de aplicare a IM cu utilizarea IC la fiecare lecție de fizică ca mijloc de evaluare formativă, s-au obținut următoarele:

- o creștere nesemnificativă a nivelului auto-perceput de metacogniție la băieți de 3,0%, iar la fete ceva mai mare – 10,8%;
- o creștere modestă a atitudinii față de disciplina fizică la băieți de 3,5%, iar la fete de 3,9%;
- o creștere semnificativă a succesului academic la băieți de 40,5%, iar la fete de 32,7%.

Creșterea rezultatelor la post-test în comparație cu pre-testul pentru metacogniție (MC), atitudine (A) și succesul academic (AS) este prezentată în Figura 3.1.

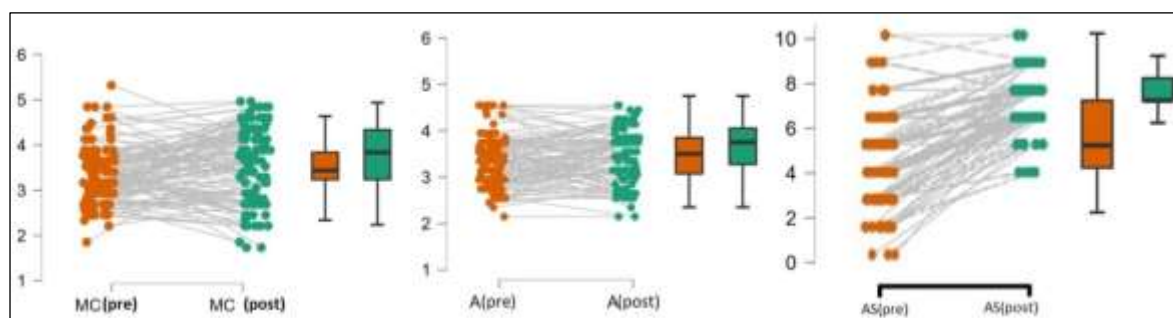


Fig. 3.1 Rezultatele la pre-test și post-test pentru metacogniție, atitudine și succes academic.

Rezultatele testului Shapiro-Wilk pentru valoarea p , aplicat asupra tuturor seturilor de date pre- și post-test, indică valori semnificativ mai mici decât 0,05, ceea ce semnalează că datele nu urmează o distribuție normală (gaussiană). Această concluzie este susținută și de curbele de distribuție pentru nivelurile de metacogniție, atitudine și succes academic la pre- și post-test, ilustrate în Fig. 3.2.

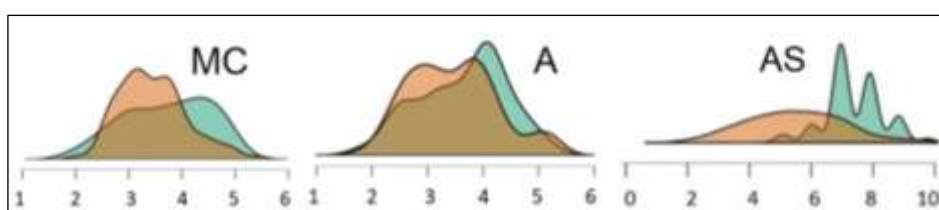


Fig. 3.2 Natura non-Gaussiană a curbelor de distribuție pentru metacogniție, atitudine și succes academic. (maro – pre-test; verde – post-test)

În plus, după cum se poate observa din Tabelul 3.2, valorile medii și medianele nu coincid, ceea ce confirmă în plus lipsa unei distribuții normale. Având în vedere aceste constatări, se va continua analiza statistică utilizând testul T pentru eșantioane pereche, ale cărui rezultate sunt prezentate în Tabelul 3.3.

Tabelul 3.3 Testul T pentru eșantioane pereche.

Pre-test		Post-test	Test	Statistica	z	df	p	ME	ES ME
Metacogniția	–	Metacogniția	Student	3.130			0.001	0.298	0.117
			Wilcoxon	3696.0	2.920	109	0.002	0.328	0.112
Atitudinea	–	Atitudinea	Student	2.213			0.014	0.211	0.106
			Wilcoxon	3087.0	2.557	109	0.005	0.299	0.116
Succesul academic	–	Succesul academic	Student	8.276			<0.001	0.789	0.121
			Wilcoxon	3640.0	6.408	109	<0.001	0.778	0.121

Din Tabelul 3.3 reiese că valorile pozitive ale statisticii z , aflate departe de zero, indică faptul că ipoteza nulă, conform căreia IM cu utilizarea IC nu ar avea niciun efect asupra nivelului de metacogniție, atitudine și succes academic, nu se confirmă.

IM are cel mai mare efect asupra succesului academic ($z = 6.408$), urmată de metacogniție ($z = 2.920$) și atitudine ($z = 2.557$). Acest fapt este confirmat și de valorile semnificative ale lui p . Astfel:

- există o diferență foarte semnificativă (creștere) între rezultatele la post-test comparativ cu pre-test pentru succesul academic ($p < 0.001$),
- și o diferență semnificativă între nivelurile de metacogniție și atitudine post-test versus pre-test ($0.001 \leq p \leq 0.005$).

De asemenea, în cazul perechilor de date pre–post pentru succesul academic, avem mărimea efectului înaltă atât în testul Student ($ME(S) = 0.789$) cât și în testul Wilcoxon ($ME(W) = 0.778$). Se observă o influență semnificativă a metodei asupra metacogniției ($ME(S) = 0.298$, $ME(W) = 0.328$) și o influență moderată asupra atitudinii ($ME(S) = 0.211$, $ME(W) = 0.299$).

În final, valorile erorii standard a mărimii efectului ($ES\ ME$) de 0.11 sau 0.12 indică o estimare precisă a mărimii efectului. Astfel, putem afirma că intervalul de încredere pentru efect este de circa 95%, variabilitatea datelor este redusă, analiza statistică are sens, iar rezultatele sunt fiabile, relevante și concludente.

Pentru a evalua impactul IM asupra competenței științifice a elevilor, am structurat această competență în cinci componente:

1. Cunoașterea definițiilor și abilitatea de a oferi exemple corecte (*DEFINIȚII*);
2. Utilizarea corectă a unităților de măsură (*UNITĂȚI*);
3. Aplicarea corectă a formulelor de calcul în rezolvarea problemelor de dificultate medie (*FORMULE*);
4. Înțelegerea și rezolvarea situațiilor-problemă (*SITUAȚII*);
5. Utilizarea limbajului științific corect și coerent (*LIMBAJ*).

Aceste sub-competențe pot fi regăsite în Competențele Științifice definite de OECD:

- a) explică fenomene științifice;
- b) interpretează critic date științifice;
- c) utilizează informații științifice pentru luarea deciziilor [183].

Rezultatele analizei lucrărilor de evaluare sumativă (pre-test și post-test) din perspectiva componentelor competenței științifice sunt prezentate în Tabelul 3.4.

Tabelul 3.4. Statistici descriptive pentru componentele Competenței Științifice.

	DEFINIȚII		UNITĂȚI		FORMULE		SITUAȚII		LIMBAJ	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Valid	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
Suma	33	40	88	90	55	58	33	70	22	60
Shapiro-Wilk	0.575	0.609	0.490	0.469	0.636	0.635	0.575	0.609	0.490	0.633
Valoarea p	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001

După cum rezultă din Tabelul 3.4, cel mai mare impact al aplicării IM în cadrul studiului nostru s-a manifestat asupra:

- abilității elevilor de a înțelege și rezolva situații-problemă (SITUAȚII), unde s-a înregistrat o creștere semnificativă (de la 33 la 70 de elevi),
- utilizării limbajului științific corect și coerent (LIMBAJ), cu o creștere semnificativă (de la 22 la 60 de elevi).

Observăm, de asemenea, că după un an de aplicare a IM numărul elevilor care au reușit să aplice teoria în rezolvarea problemelor de dificultate medie (FORMULE) sau să utilizeze corect unitățile de măsură (UNITĂȚI) nu a crescut semnificativ.

Aceasta se explică printr-un efect de saturație: aproximativ jumătate dintre elevi puteau deja rezolva probleme de dificultate medie în mod independent, iar circa 90% stăpâneau deja corect înțelegerea, transformarea și utilizarea unităților de măsură.

Rezultatele testului Shapiro-Wilk din Tabelul 3.4 indică faptul că distribuția datelor nu este normală. O posibilă explicație este că am punctat toate cele cinci componente ale competenței științifice pe o scală 0–1 (elevul deține competența – 1; sau nu deține – 0). O altă explicație posibilă este variabilitatea crescută a răspunsurilor elevilor – chiar dacă două lucrări primesc același punctaj, ele pot diferi semnificativ în conținut.

În continuare, am calculat coeficientul Cronbach α în cazurile pre-test și post-test pentru cele cinci componente ale competenței științifice (vezi Tabelul 3.5).

Tabelul 3.5 Statistici de fidelitate pentru componentele Competenței Științifice.

		DEFINIȚII	UNITĂȚI	FORMULE	SITUAȚII	LIMBAJ
Cronbach α	Pre-test	0.760	0.903	0.850	0.760	0.813
	Post-test	0.830	0.906	0.802	0.824	0.786
Corelația item-rest	Pre-test	0.892	0.306	0.586	0.892	0.720
	Post-test	0.706	0.333	0.804	0.725	0.860

Din Tabelul 3.5 rezultă că, având în vedere că valorile coeficientului Cronbach α se află în intervalul 0.7 – 0.9, toate componentele selectate sunt coerente între ele, adică ele descriu același construct – *Competența Științifică*.

Mai mult, în cazul pre-testului, valorile egale pentru sub-competențele DEFINIȚII și SITUAȚII indică o corelație perfectă între acestea: elevii care reușesc să ilustreze cu exemple proprii definițiile învățate reușesc și să rezolve în mod autonom o situație-problemă.

Valorile ridicate ale coeficientului α pentru componentele UNITĂȚI, FORMULE și LIMBAJ arată că aceste dimensiuni sunt măsurate cu un grad mai mare de obiectivitate, iar rezultatele evaluării sunt mai fiabile. Într-adevăr, aplicarea corectă a unei formule sau a unităților de măsură nu oferă elevului la fel de multe interpretări posibile ca analiza unei definiții.

De asemenea, creșterea valorilor lui α pentru trei din cele cinci componente arată că IM a contribuit atât la îmbunătățirea competenței științifice, cât și la creșterea coerenței interne dintre sub-competențe. Acest fapt demonstrează că metoda aplicată a avut efect pozitiv asupra tuturor componentelor competenței științifice.

Pentru a evalua cât de eficient evidențiază itemii din testele sumative cele cinci componente ale competenței științifice, am efectuat o analiză a corelației item-rest. Pe de o parte, valorile scăzute ale corelației în cazul UNITĂȚILOR – 0.306 la pre-test și 0.333 la post-test – sugerează că forma actuală de evaluare nu reflectă eficient cunoștințele, înțelegerea și aplicarea unităților de măsură de către elevi. Astfel răspunsurile corecte la itemii care țin de unitățile de măsură încă nu vorbesc despre cunoștințele reale ale elevilor. Pe de altă parte, faptul că majoritatea elevilor (aproximativ 90 din 110) au răspuns corect la itemii ce țin de cunoașterea și aplicarea unităților de măsură indică o variabilitate scăzută a datelor pentru această sub-competență. Cu alte cuvinte, componenta UNITĂȚI nu aduce o contribuție informativă semnificativă la evaluarea generală. Pentru a-i crește relevanța, itemii aferenți unităților de măsură din testele sumative ar trebui să fie mai dificili și mai discriminativi.

Referitor la confirmarea ipotezei de cercetare H_1 despre impactul IM asupra cunoștințelor axiologice putem afirma că: rezultatele cercetării arată că IM aplicată pe parcursul unui an școlar în cadrul cursului de fizică din clasa a VII-a a influențat pozitiv cunoștințele axiologice ale elevilor. Acest lucru este evidențiat de creșterea nivelurilor auto-percepute de metacogniție – cu 3% la băieți și 10% la fete. Nivelul atitudinii față de fizică a crescut cu 3,5% la băieți și 3,9% la fete. Astfel, ipoteza H_1 se confirmă parțial – nu s-a obținut o creștere semnificativă.

Referitor la confirmarea ipotezei de cercetare H_2 despre impactul IM asupra cunoștințelor teoretice putem afirma că: IM a dus la o îmbunătățire semnificativă a cunoștințelor teoretice ale elevilor, demonstrată de creșterea considerabilă a succesului academic: 40% la băieți și 32,7% la

fete. Creșterea rezultatelor la post-test indică faptul că această metodă sporește în mod eficient înțelegerea conceptelor fizicii. Astfel, ipoteza H_2 se confirmă complet.

Referitor la confirmarea ipotezei de cercetare H_3 despre impactul IM asupra cunoștințelor aplicative putem afirma că: IM a avut un impact semnificativ asupra cunoștințelor aplicative ale elevilor, în special în capacitatea lor de a rezolva situații-problemă (numărul elevilor s-a dublat) și în utilizarea coerentă a limbajului științific (numărul s-a triplat). Numărul elevilor care au demonstrat competență în aceste două domenii a crescut considerabil (aproximativ jumătate din eșantion), reflectând eficiența IM în dezvoltarea abilităților științifice practice.

În ce privește componentele competenței științifice putem afirma că: dintre cele cinci componente ale competenței științifice, cele mai semnificative îmbunătățiri au fost observate în abilitățile elevilor de a rezolva situații-problemă și de a folosi corect limbajul științific. Aceasta sugerează că IM este eficientă în dezvoltarea acestor abilități specifice.

Impactul limitat al IM asupra capacității elevilor de a aplica definiții și unități de măsură poate fi explicat printr-un efect de saturație, în care o parte semnificativă a elevilor stăpâneau deja aceste abilități, lăsând un spațiu redus pentru progres vizibil. Astfel, ipoteza H_3 se confirmă parțial.

Consistența internă a componentelor Competenței Științifice: Valorile ridicate ale coeficientului Cronbach α indică o consistență internă relativ înaltă între componentele Competenței Științifice. De asemenea, valorile ridicate ale corelațiilor item-test arată fiabilitatea modelului utilizat, cu cinci componente: DEFINIȚIE, UNITĂȚI, FORMULĂ, SITUAȚII și LIMBAJ. Aceasta sugerează că IM îmbunătățește competența globală, contribuie la claritate și coerență în înțelegerea conceptelor de către elevi.

Scorurile mari de fiabilitate pentru componentele referitoare la aplicarea formulelor, utilizarea unităților și a limbajului științific indică faptul că aceste dimensiuni ale competenței sunt măsurate cu obiectivitate ridicată.

Astfel, cercetarea confirmă faptul că mărimea efectului IM, în care elevii analizează și discută IC, este de 0,78 – 0,79. Pentru comparație, mărimea efectului metodei tradiționale sau frontale de predare este de cca 0,40. De asemenea IM îmbunătățește aspectele competenței științifice, în special în soluționarea situațiilor de problemă și folosirea limbajului științific.

3.2 Influența întrebărilor conceptuale asupra tipurilor de cunoștințe din perspectiva CIPV

3.2.1. *Analiza nivelului inițial al competențelor de învățare pe tot parcursul vieții la începutul studierii fizicii în gimnaziu*

Bazele CIPV se pun în școală, mediul constructivist de învățare fiind mediul adecvat formării acestor competențe, care asigură dezvoltarea personală și profesională [43]. În acest paragraf vom analiza nivelul de cunoștințe și competențe atins de elevi după primul an de studiere a fizicii. Astfel, scopul este de a evalua următoarele componente CIPV:

- înțelegerea de către adolescenții de 13 ani din mediul rural a celor mai simple noțiuni de fizică la începutul clasei a VII-a;
- abilitățile de aplicare a noțiunilor teoretice învățate în anul școlar anterior;
- interesul pentru examinarea situațiilor de problemă;
- atitudinea față de tehnologiile digitale.

Pentru aceasta s-a organizat chestionarea la care au participat 20 elevi din clasa a VII-a din gimnaziul „Vasile Badiu” din satul Magurele, Ungheni, R. Moldova și 24 elevi din clasa a VII-a din gimnaziul „Anatol Popovici” din satul Boghenii Noi, Ungheni, R. Moldova (vezi Anexa 18). Chestionarea s-a efectuat la începutul anului școlar.

Primul set de întrebări a avut drept scop verificarea gradului de înțelegere a celor mai simple noțiuni de fizică învățate în clasa a VI-a conform curriculumului [12]. Enunțul primei întrebări a fost: „Stabiliți prin săgeți corespondența dintre următoarele mărimi fizice și definiția acesteia”. Astfel, conform răspunsurilor la prima întrebare rezultă că mai puțin de jumătate din elevi – 47,7% sunt familiarizați cu noțiunea de masă, și mai puțin de o treime – doar 29,5% înțeleg corect noțiunea de densitate. Din răspunsurile la a doua întrebare, unde se cere să scrie cuvintele în ordinea descreșterii mărimii obiectelor e clar că peste jumătate de elevi, 56,8% nu știu că molecula este compusă din atomi. În ce privește fenomenele electrice din natură, întrebarea a treia, 84% au identificat corect definiția fulgerului. Faptul că doar 20,2% din elevi au reprezentat corect un fascicul de raze paralele (întrebarea a patra) vorbește în primul rând de lacune majore în limbajul elevilor adolescenți de 13 ani. Mai mult decât atât, doar cinci elevi din două clase, 11,7% înțeleg sensul cuvintelor divergent și convergent.

De asemenea, 11,4% din elevi n-au identificat topirea gheții ca fenomen termic, 15,9% n-au identificat formarea curcubeului ca fenomen optic, 13,6% n-au identificat căderea mărului din pom ca fenomen mecanic și 6,8% – obținerea curentului ca fenomen electric.

Al doilea set de întrebări a avut scopul să evidențieze cum elevii știu să aplice noțiunile teoretice. De exemplu, 81,8% dintre elevi nu au descris corect etapele utilizării dinamometrului

pentru măsurarea greutății unui corp, ceea ce indică dificultăți la nivelul cunoașterii procedurale. În același timp, tabloul e invers la verificarea cunoștințelor teoretice: 70,5% știu în ce unități se măsoară ponderea, 84,1% – masa, suprafața – 86,4%, volumul – 77,3%. A treia întrebare a avut un caracter exclusiv practic – trebuia de identificat consecutivitatea corectă a acțiunilor pentru procurarea gresiei într-o cameră. Aici au răspuns corect 81,8%. La o problemă simplă de matematică, unde se cerea de determinat viteza medie a unui autoturism care a parcurs 63 km într-o oră și 15 minute, au răspuns corect mai puțin de 2/3 din elevi – 65,9%.

O întrebare aparte era orientată spre identificarea interesului sau apetitului elevilor pentru o situație de problemă. *“Atunci când îți imaginezi un cub de gheață care plutește la suprafața unui pahar plin ochi cu apă, te gândești că în scurt timp apa din pahar se va revărsa odată cu topirea cubului de gheață. Dar oare se întâmplă astfel?”*. Răspunsurile elevilor s-au repartizat în felul următor:

- Foarte interesant 2,3% sau un elev
- Interesant 34,1% – 15 elevi
- Un pic interesant 59,1% – 26 elevi
- Deloc interesant 4,5% – doi elevi

Aceste rezultate evidențiază potențialul instruirii problematizate de a susține interesul elevilor pentru situațiile-problemă. Într-adevăr, trebuie să subliniem că majoritatea elevilor care nu au identificat corect fenomenele fizice și au răspuns greșit la întrebările despre masă, pondere, densitate sunt interesați de situația de problemă. Aceste rezultate vorbesc despre potențialul aplicării învățării prin cercetare, deoarece abilitățile de cercetare stau la baza CIPV [252].

Al treilea set de întrebări este dedicat aplicării de către elevi a mijloacelor TIC în învățare. De exemplu, 4,5% din elevi nu au deloc experiența comunicării electronice (e-mail, messenger, viber, etc.) în procesul de învățare sau în activități școlare (curriculare sau extracurriculare). În același timp doar 9,1% folosesc permanent comunicarea electronică, 27,3% folosesc deseori, iar 59,1% - rareori. Cauzele că totuși mai mult de jumătate din elevii din mediul rural folosesc rareori sau deloc comunicarea electronică sunt de ordin social și financiar. O chestionare efectuată în mediul urban ar reflecta aceasta.

La întrebarea despre folosirea telefonului, calculatorului sau a tabletei în perioada învățării on-line răspunsurile elevilor s-au repartizat în felul următor:

- Permanent 45,5%
- Deseori 36,4%
- Rareori 13,6%

- Niciodată 4,5%

În schimb la întrebarea dacă le-ar place să folosească instrumente digitale la învățarea/pregătirea lecțiilor elevii au răspuns astfel:

- foarte mult 43,2%
- puțin 47,7%
- indiferent 6,8%
- deloc 2,3%

În același timp subliniem că jumătate din elevii care au spus că n-au folosit instrumente digitale, au răspuns că le-ar place să le folosească.

Este interesant cum adolescenții își văd viitoarea profesie prin prisma TIC. Astfel aproape jumătate din elevi din mediul rural, 47,7% doresc ca profesia lor viitoare să fie bazată pe tehnologii digitale. Argumentele aici sunt cele mai diverse: “da, deoarece dacă lucrezi cu tehnologii digitale stai numai pe scaun dar nu faci lucru fizic”, “deoarece acum și în viitor profesiile vor fi bazate pe tehnologii”, “da, sa am o profesie mai buna”, “da, mie îmi place sa lucrez la calculator”, “da, deoarece îmi place foarte mult domeniul acesta”. E de menționat că ultima afirmație aparține elevului, care a spus că nu este deloc interesat de situația de problemă prezentată mai sus. Sunt indiferenți dacă profesia lor viitoare va fi bazată pe tehnologii digitale 40,9% din elevi, iar 11,4% n-ar dori să folosească calculatorul argumentând că: “nu, deoarece nu mă descurc și nu-mi place”, “nu, deoarece sunt interesat de altceva”, “nu, lucrul nu este prețuit și este slab plătit”.

Despre prezența educației ecologice în cursul școlar vorbesc răspunsurile elevilor la întrebarea referitor la efectul nociv al centralei electrice pe cărbuni vs centrala atomică, instalație eoliană sau instalație fotovoltaică. Cca o treime, 34,1% din elevi au plasat corect aceste instalații în ordinea creșterii efectului lor nociv asupra ecologiei.

Astfel, mai puțin de jumătate dintre elevii clasei a VII-a înțeleg sensul mărimilor fizice învățate anterior, dificultate cauzată de un vocabular sărac, deși majoritatea cunosc unitățile de măsură și aproape 90% identifică corect natura fenomenelor fizice, însă doar aproximativ 20% au descris corect procedura de utilizare a dinamometrului, în timp ce aproximativ 95% sunt interesați de rezolvarea problemelor, fiecare al cincilea elev nu a folosit mijloace digitale în timpul învățării online, deși peste 90% ar dori să le integreze în educație, iar jumătate își imaginează un viitor profesional în domeniul tehnologiilor digitale.

3.2.2. Utilizarea întrebărilor conceptuale ca strategie de activare a raționamentului conceptual în lecțiile de fizică

În literatura științifică contemporană dedicată predării științelor formarea CIPV este din ce în ce mai mult recunoscută ca un obiectiv central al procesului educațional. Deoarece aceste competențe nu se limitează doar la înțelegerea conceptuală a fenomenelor, dar includ și capacitatea elevilor de a transfera cunoștințele între diferite contexte de învățare, de a aplica principiile învățării prin cercetare și de a-și autoregla procesele de învățare, toate aceste abilități fiind considerate esențiale pentru rezolvarea problemelor reale din viața de zi cu zi în societatea bazată pe cunoaștere [182].

Astfel, dezvoltarea CIPV presupune utilizarea unor modele de instruire care depășesc simpla memorare a informațiilor și reproducerea lor mecanică. Conform teoriilor schimbării conceptuale, pentru ca învățarea să fie cu adevărat profundă, elevii trebuie să fie provocați să-și confrunte și să-și revizuiască modelele mentale preexistente, adesea construite pe baza experiențelor cotidiene sau a concepțiilor intuitive eronate. Numai printr-un astfel de proces activ de restructurare cognitivă elevii pot dobândi o înțelegere mai profundă, coerentă și integrată a conceptelor științifice [154]. Menționăm că acest proces de formare a CIPV este facilitat de introducerea deliberată a conflictului cognitiv, o tensiune intelectuală menită să stimuleze reflecția și reevaluarea cunoștințelor anterioare, precum și de oferirea unor oportunități consistente pentru participarea activă a elevilor la explorarea ideilor esențiale ale disciplinei. Într-un astfel de cadru, învățarea nu mai este un act pasiv, ci devine o activitate conștientă și autoreglată, orientată către construcția treptată a unei înțelegeri științifice autentice și de durată.

Înțelegerea conceptuală se află în centrul acestui proces de formare a CIPV. La lecțiile de fizică elevii trebuie să înțeleagă astfel de relații abstracte ca legătura dintre curent, tensiune și rezistență sau forță, lucru și putere, și să fie capabili să le aplice coerent într-o varietate de situații și contexte. O astfel de înțelegere nu este superficială, ci presupune construirea unor conexiuni profunde între concepte, astfel încât cunoștințele să poată fi transferate dincolo de exemplele concrete întâlnite inițial. Realizarea acestui demers necesită integrarea mai multor tipuri de cunoaștere: cunoașterea declarativă (cunoașterea definițiilor, regulilor, formulelor), cunoașterea condițională (când și de ce se aplică) și cunoașterea procedurală (cum se utilizează efectiv). Atunci când elevii învață să raționeze simultan pe aceste dimensiuni, ei își dezvoltă structuri cognitive flexibile, capabile să susțină transferul și aplicarea pe termen lung a cunoștințelor în contexte noi, inclusiv dincolo de mediul școlar [244].

În plus, dezvoltarea CIPV este strâns legată de implicarea metacognitivă, adică de capacitatea elevilor de a-și monitoriza, evalua și regla propriile procese de gândire. Această

conștientizare orientată spre sine le permite să identifice dificultățile cognitive, să își ajusteze strategiile de învățare și să persevereze în fața provocărilor intelectuale. În același timp, ea contribuie la formarea autonomiei și la cultivarea unei atitudini independente în investigarea științifică. O perspectivă complementară este propusă de Calalb [35], care introduce modelul constructivist al „Learning by Being”. Acest model subliniază asumarea de către elevi a propriilor obiective cognitive și evidențiază rolul auto-sprrijinirii ghidate (self-scaffolding), al motivației intrinseci și al integrării IȘM în lecțiile de fizică din școală, ca elemente esențiale pentru o învățare profundă și semnificativă.

Strategiile de învățare care integrează astfel de elemente ca discuțiile între elevi ghidate de profesor, prezența obligatorie a momentului metacognitiv, construirea activă a cunoștințelor, utilizarea întrebărilor conceptuale s-au dovedit eficiente în cultivarea CIPV. În astfel de contexte, elevii sunt încurajați să își explice raționamentele, să problematizeze ideile celorlalți și să își justifice afirmațiile conceptuale. Prin aceste practici, ei se angajează în procese cognitive și metacognitive de nivel înalt, care susțin dezvoltarea gândirii critice și sunt în acord direct cu obiectivele învățării pe tot parcursul vieții.

Ulterior vom dezvolta un asemenea cadru teoretic și metodologic care interpretează înțelegerea conceptuală nu doar ca stăpânirea conținuturilor (cunoașterea factuală), dar și ca un factor esențial în formarea competențelor sustenabile de transfer. Aceste competențe sunt considerate fundamentale pentru CIPV, deoarece permit adaptarea cunoștințelor la contexte noi și susțin autonomia intelectuală a elevilor.

Conceptul IM rămâne una dintre cele mai intens cercetate metode de învățare activă a fizicii, fiind adaptată și implementată într-o varietate largă de contexte educaționale, de la învățământul preuniversitar până la cel universitar. Popularitatea și robustețea acestei metode derivă din accentul pus pe înțelegerea conceptuală și pe implicarea activă a elevilor în procesul de învățare. Studiul realizat de Crouch și Mazur, publicat în *American Journal of Physics* [66], descrie elementele centrale ale ciclului IM: întrebările conceptuale, formularea răspunsurilor individuale, discutarea variantelor de răspuns între elevi și revizuirea răspunsurilor după discuție. Lucrarea evidențiază faptul că interacțiunile dintre elevi joacă un rol central în facilitarea transferului înțelegerii conceptuale. Rezultatele cercetărilor arată că discuțiile între elevi pot fi chiar mai eficiente decât explicațiile oferite direct de profesor în sprijinirea înțelegerii profunde a conceptelor fizice.

La baza metodei IM se află IC, prezentate de regulă prin intermediul sistemelor de tip clicker sau al platformelor de votare electronică. În studiul nostru [46] se demonstrează că utilizarea constantă a întrebărilor conceptuale, chiar și în absența unei structuri elaborate de evaluare formativă, stimulează învățarea activă și rezolvarea prin colaborare a problemelor. Această

practică contribuie semnificativ la îmbunătățirea înțelegerii conceptuale a elevilor și la creșterea nivelului de implicare cognitivă, ceea ce o transformă într-o strategie didactică valoroasă pentru predarea fizicii.

De asemenea, cercetările arată că IC cu răspuns multiplu, cunoscute și sub denumirea de *Concept Tests*, funcționează ca instrumente eficiente de evaluare formativă, deoarece sprijină aplicarea conceptelor de fizică în contexte de învățare bazate pe interacțiunea dintre colegi [103]. O altă abordare inovatoare introdusă în anul 2022 constă în utilizarea întrebărilor izomorfe, formulate imediat după discuțiile dintre colegi, cu scopul de a verifica nivelul real al înțelegerii conceptuale. Aceste întrebări, construite pe aceeași structură conceptuală, dar prezentate într-o formă diferită, permit distingerea între raționamentul autentic și răspunsurile oferite prin simpla imitare a colegilor. Lan și colegii săi [144] propun un protocol modificat de instruire mutuală, în care elevii răspund individual la o întrebare inițială, discută răspunsurile între colegi și apoi rezolvă o întrebare similară, cu unele date schimbate, pentru a verifica aplicarea aceluiași concept fizic.

McInerny și colegii săi [166] au investigat dacă discutarea explicită a proceselor intuitive și deliberative de raționament îmbunătățește performanța elevilor la fizică. Studiul a evidențiat o asociere între reflecția cognitivă și performanță, însă nu a identificat un efect măsurabil al acestei intervenții asupra rezultatelor la test.

De asemenea, un studiu realizat în contextul secvențelor de lecții de fizică evidențiază faptul că folosirea IC transformă lecția într-un mediu de dialog activ, centrat pe interacțiune și schimb de idei. Astfel, IM conduce la creșterea gradului de implicare a elevilor și permite profesorului să observe și să înțeleagă mai clar procesele de gândire ale acestora, făcând vizibile raționamentele și dificultățile conceptuale întâmpinate de elevi. Deci, cercetările recente din domeniul predării fizicii confirmă că IC depășesc rolul unor simple instrumente de evaluare formativă, acționând ca veritabili catalizatori ai raționamentului colaborativ, ai co-construcției sensului și ai monitorizării metacognitive, toate acestea fiind componente esențiale pentru formarea CIPV în cadrul lecțiilor de fizică.

Un obiectiv important al fizicii ca disciplină școlară este dezvoltarea capacității elevilor de a integra în mod coerent înțelegerea factuală, raționamentul condițional și cunoașterea procedurală. Strategiile didactice bazate pe aceste trei tipuri de cunoaștere favorizează transferul pe termen lung al cunoștințelor, expertiza adaptativă și învățarea autodirijată. Aceste caracteristici se află în nucleul conceptului CIPV și sunt tot mai frecvent evidențiate și valorizate în cercetarea contemporană din domeniul educației științifice [228].

Cunoașterea declarativă se referă la capacitatea de a reproduce fapte, definiții și principii conceptuale și constituie fundamentul semantic al discursului științific și al raționamentului

teoretic. Cu toate acestea, cercetările teoretice și experimentele pedagogice arată că, atunci când este izolată de aplicarea contextuală, cunoașterea declarativă nu conduce la o învățare durabilă sau transferabilă [24]. Valoarea didactică a cunoașterii declarative crește semnificativ atunci când este activată în contexte de probleme autentice, care solicită elevilor să interpreteze situații reale, să compare și să evidențieze relațiile între noțiuni și concepte. Prin astfel de sarcini cognitive complexe, conectate la realitate, cunoașterea declarativă devine funcțională și relevantă pentru construirea unei înțelegeri profunde și aplicabile [23].

Cunoașterea condițională se referă la capacitatea de a recunoaște când și de ce anumite principii, legi sau modele științifice sunt aplicabile într-o situație dată. Această formă de cunoaștere joacă un rol esențial în gestionarea incertitudinii, în transferul cunoștințelor între domenii diferite și în luarea unor decizii informate în contexte noi sau problematice. Spre deosebire de simpla memorare a regulilor, cunoașterea condițională presupune înțelegerea limitelor și a relevanței acestora, permițând elevilor să selecteze și să adapteze conceptele potrivite în funcție de cerințele situației.

Cercetări recente subliniază faptul că anumite tipuri de strategii didactice, precum Învățarea bazată pe decizii (*Decision-Based Learning*), urmăresc în mod explicit dezvoltarea cunoașterii condiționale a elevilor. Aceste abordări îi ghidează pe elevi prin scenarii de luare a deciziilor cu momente multiple de manifestare a opțiunii și oferă sprijin contextualizat (scaffolding) adaptat alegerilor făcute, stimulând astfel reflecția asupra motivelor pentru care anumite soluții sunt mai adecvate decât altele [129]. Prin confruntarea cu situații autentice și alternative posibile, elevii învață să evalueze contextul și să își justifice opțiunile pe baza principiilor relevante.

Cercetările recente [246] confirmă că cunoașterea condițională reprezintă cel mai puternic predictor al înțelegerii conceptuale, deoarece reflectă capacitatea elevului de a activa și adapta idei în funcție de contextul specific al problemei. Această flexibilitate cognitivă susține componente esențiale ale CIPV, precum adaptabilitatea cognitivă și conștientizarea metacognitivă. Prin urmare, elevii devin mai capabili să își monitorizeze propriul proces de gândire, să își ajusteze strategiile de rezolvare și să transfere în mod eficient cunoștințele în situații noi și complexe [235].

Cunoașterea procedurală se referă la a ști cum să fie realizate experimentele, aplicate formulele matematice sau utilizate instrumentele de măsură. Deși este adesea asociată cu competența tehnică și cu corectitudinea execuției, cunoașterea procedurală devine semnificativ mai eficientă atunci când este însoțită de ghidaj conceptual din partea profesorului și de oferirea de oportunități pentru elevi de a-și explica acțiunile. Astfel de contexte didactice sprijină nu doar performanța imediată, dar și înțelegerea conceptuală împreună cu transferul cunoștințelor către situații noi [217].

Studiile arată că, atunci când elevii își verbalizează strategiile procedurale și reflectează asupra eficienței acestora, ei se angajează în procese de reglare metacognitivă. Aceste procese consolidează simultan înțelegerea conceptuală și autonomia în învățare, două caracteristici centrale ale învățării pe tot parcursul vieții [33]. Prin evaluarea critică a propriilor acțiuni, elevii devin mai conștienți de modul în care învață și mai capabili să își ajusteze comportamentele cognitive în funcție de cerințele sarcinii.

Strategiile didactice care urmăresc conectarea cunoașterii declarative, condiționale și procedurale transformă lecția de fizică într-o veritabilă platformă pentru construirea unei gândiri științifice durabile. Un astfel de demers este modelul *Learning by Being*, care pune accent pe efortul de învățare ghidat, pe asumarea de către elevi a propriilor obiective cognitive și pe feedback-ul continuu profesor–elev ca elemente-cheie pentru atingerea înțelegerii conceptuale în educația științifică [32]. Această implicare ciclică favorizează integrarea cunoștințelor și formarea unor obiceiuri reflexive pe care se bazează CIPV.

Într-un astfel de cadru, cercetările [232] arată că IM contribuie la astfel de procese cognitive legate de formarea CIPV:

- Dezvoltarea încrederii elevilor în propriile raționamente atunci când ei nu primesc soluțiile „gata făcute”, ci le construiesc activ, prin discuții și argumentare. Validarea ideilor în cadrul grupului și confruntarea lor cu perspective alternative consolidează sentimentul de competență cognitivă și de siguranță în utilizarea conceptelor.
- Implicarea în raționamentul colaborativ sau colectiv care presupune că elevii își explică reciproc ideile, își compară strategiile și negociază sensuri comune. Astfel colaborarea nu este ceva declarativ dar un schimb real de răspunsuri și un mecanism de co-construcție a înțelegerii.
- Stimularea coerenței explicațiilor și a vocabularului științific prin argumentarea variantelor de răspuns în fața colegilor. În acest mod explicațiile elevilor devin structurate, relațiile dintre concepte sunt clare, iar lacunele din propria cunoaștere devin vizibile. Menționăm că coerența explicațiilor este un indicator al înțelegerii conceptuale.
- Dezvoltarea gândirii reflexive care apare atunci când elevii își analizează propriul mod de gândire, evaluează validitatea argumentelor și iau în considerare alternative. În IM, feedback-ul colegilor și comparația dintre diferite raționamente declanșează procese metacognitive, prin care elevii își monitorizează și își reglează strategiile cognitive.
- Învățarea transferabilă și durabilă, care este determinată de coerența explicațiilor și gândirea reflexivă, depășește memorarea mecanică. În cadrul IM elevii obțin un nivel de înțelegere conceptuală ce le permite să aplice cunoștințele în contexte noi și să le păstreze pe termen lung.

Toate aceste procese sunt trăsături definitorii pentru CIPV deoarece susțin autonomia intelectuală, capacitatea de învățare independentă și adaptabilitatea cognitivă, elemente centrale în formarea subiecților învățării autonome și reflexive.

3.2.3. Aplicarea întrebărilor conceptuale în studiul Electrocineticii în clasa a VIII-a: design experimental și analiză pe tipuri de cunoaștere

Acest experiment a fost efectuat în cadrul liceului teoretic „M. Eminescu” din orașul Ungheni. La cercetare au participat 110 elevi din clasa a VIII-a. Două clase (VIII-A și VIII-D, $n = 57$) au format grupul experimental, iar alte două (VIII-B și VIII-C, $n = 53$) au servit ca grup de control. La momentul experimentului pedagogic toți elevii aveau între 14 și 15 ani și urmau curriculumul național de fizică aprobat în 2019. Astfel, materia studiată în ambele grupuri a fost aliniată cu curriculumul oficial al Ministerului Educației și Cercetării al Republicii Moldova [12], care pune accent pe dezvoltarea înțelegerii conceptuale, a abilităților practice și a raționamentului științific în învățământul gimnazial. A fost selectată unitatea de învățare „Electrocinetica” pentru care sunt rezervate 6 ore în cadrul modului „Fenomene Electromagnetice. Electrocinetica” cu un total de 21 de ore. În acest mod experimentul a inclus următoarele teme:

- Rezistența electrică. Reostate
- Legea lui Ohm pentru o porțiune de circuit
- Gruparea conductoarelor în serie și în paralel. Aplicații
- Lucrare de laborator „Determinarea rezistenței electrice”
- Rezolvare de probleme
- Evaluare sumativă.

Mediul de învățare reflecta condițiile standard ale sălii de clasă. Elevii erau așezați în perechi, în clasele de control fiind aplicată predominant metoda predării frontale, în timp ce în clasele experimentale au fost aplicate activități de grup structurate în cel puțin patru din cele șase sesiuni. Aceste sesiuni de grup au inclus experimente colaborative, sarcini de rezolvare a problemelor și discuții între colegi pe subiectul întrebărilor conceptuale. Scopul a fost de a aplica principiile ISMC: încurajarea interacțiunii elev–elev, asigurarea condițiilor pentru raționamentul colectiv, și construcția colectivă a cunoașterii. De asemenea, designul experimentului a fost conceput pentru a susține reflecția asupra răspunsurilor și feedback-ul între colegi, procese care pot contribui la aprofundarea învățării [76]. Menționăm că Electrocinetica a fost aleasă datorită bogăției de termeni științifici noi pentru elevi și potrivirii pentru aplicarea metodei IM. De asemenea, Electrocinetica este un subiect care leagă modele

fizice, raționamentul simbolic și aplicații cotidiene, fiind astfel o platformă adecvată pentru testarea eficienței abordării instrucționale integrate ce se bazează pe conceptele ISM [118] și a IC [163]. Mai mult, Electrocinetica permite evaluarea cuprinzătoare a tuturor celor trei tipuri de cunoștințe – declarativă, condițională și procedurală. Elevii trebuie să-și amintească definițiile și legile, să aplice formule în contexte variate, să construiască circuite electrice și să opereze cu instrumente de măsurare precum voltmetrele și ampermetrele. Această structură a unității de învățare Electrocinetica face ca subiectul să fie deosebit de potrivit pentru evaluarea profunzimii, transferabilității și coerenței înțelegerii la elevi.

Fiecare lecție s-a bazat pe una sau două idei de bază identificate ca fiind centrale pentru înțelegerea circuitelor electrice, cum ar fi:

- „Valoarea curentului electric este aceeași în toate punctele unui circuit în serie”
- „Într-un circuit în serie, diferența de potențial este împărțită proporțional rezistenței componentelor”
- „Rezistența electrică depinde atât de materialul, cât și de geometria conductorului”.

Aceste tipuri de idei erau explicate de profesor la începutul fiecărei lecții, ele fiind în același timp și obiective cognitive ale lecției. Pentru ca învățarea elevilor să aibă un caracter vizibil pentru profesor se foloseau metodele întrebărilor reflexive și învățării contextualizate. Astfel, profesorul încuraja elevii să asocieze conținuturile noi cu concepte științifice generale, ajutându-i să obțină o înțelegere conceptuală coerentă.

Pe parcursul unității de învățare, la nivel de evaluare formativă, au fost implementate șase întrebări conceptuale, care au fost formulate după principiile:

- Creșterea graduală a complexității IC folosite în cadrul aceleiași unități de învățare (principiul „De la simplu la compus”)
- Variantele de răspuns reflectă concepții greșite des întâlnite la elevi (principiul „Detractorilor plauzibili”)
- Fiecare elev are posibilitatea să ofere răspuns anonim (principiul „Evaluării formative anonime”).

În acest mod, aplicarea IC a funcționat ca un instrument de activare cognitivă și ca un mecanism de evaluare formativă în cadrul lecției de fizică. Astfel, prin oferirea de feedback imediat la vizualizarea rezultatelor votării, prin scoaterea în evidență a modalității de gândire a elevilor care permite profesorului să-și ajusteze predarea în funcție de înțelegerea elevilor, s-a obținut ceea ce Hattie definește drept PIV [119]. Astfel, modelul didactic aplicat permite ca

învățarea să devină transparentă atât pentru elevi, cât și pentru profesori, iar predarea se bazează pe feedbackul în timp real. În acest sens, utilizarea formativă a IC a avut un rol dublu:

- facilitarea dezvoltării înțelegerii conceptuale și
- adaptarea continuă a instruirii la gradul de înțelegere conceptuală a elevilor.

După prima votare, elevii participau la discuții în grupuri mici, apoi votau din nou. Profesorul facilita discuții scurte după fiecare întrebare pentru a clarifica raționamentul și a conecta gândirea elevilor cu ideile mari relevante. Această modalitate de a răspunde de două ori la una și aceeași întrebare conceptuală formează la elevi capacitatea de reflecție, inclusiv reflecția colectivă și dezbateră științifică. Cercetările arată că metoda IM bazată pe întrebări conceptuale și discutarea răspunsurilor între elevi contribuie la îmbunătățirea înțelegerii conceptuale în fizică [66].

La lecția 1 au fost predate ISM din această unitate de învățare. Pentru formarea înțelegerii conceptuale corecte s-a folosit metoda IC descrise mai sus.

Lecțiile 2 și 3 au implicat laboratoare ghidate bazate pe investigație, unde elevii au lucrat în echipă pentru a măsura curentul și tensiunea, a calcula rezistența circuitelor, a prezenta grafic rezultatele măsurărilor și calculelor și a ajunge la Legea lui Ohm pentru o porțiune de circuit. Aceste sesiuni au pus accent pe descoperirea conceptuală bazată pe experimentare, cu întrebări conceptuale în timp real folosite pentru a susține tranzițiile de la observație la abstracție.

Lecțiile 4 și 5 s-au orientat către sarcini complexe de rezolvare a problemelor. Acestea cereau elevilor să analizeze configurații de circuite necunoscute, să justifice concluziile folosind principii teoretice și să prezică rezultatele. Fiecare sarcină era legată de o ISM și conținea o întrebare ce invita la reflecție (de exemplu, „Cum demonstrează această problemă distribuția diferenței potențiale într-un circuit în serie?”).

Lecția 6 a constatat într-un test sumativ comun administrat identic în grupul experimental și cel de control. În contrast, grupul de control a primit instruire tradițională bazată pe expunerea manualelor și rezolvarea directă a problemelor, fără referire explicită la ISM sau folosirea de IC. Astfel, intervenția în clasele experimentale a urmărit să întărească nu doar reținerea conținutului, dar și dezvoltarea unei înțelegeri integrate și transferabile, a raționamentului științific și a reglării metacognitive, care sunt indicatori – cheie ai învățării profunde în învățarea științelor [183].

Colectarea datelor

Pentru a evalua impactul metodei aplicate asupra cogniției, s-a folosit un design pre-test/post-test (pe o scară de la 1 la 10). Scorurile pre-test au fost obținute din rezultatele elevilor

la evaluarea sumativă finală a unității anterioare, intitulată „Fenomene termice”, care a fost predată pe baza instruirii tradiționale bazate pe manualul de fizică pentru clasa a VIII-a. Această abordare a asigurat că ambele grupuri au început unitatea de Electrocinetică cu niveluri de performanță documentate, bazate pe o complexitate similară a conținutului și practici standard de evaluare. Testul administrat la finalul unității de învățare „Electrocinetica” a constatat din șase itemi aliniați cu trei tipuri de cunoștințe:

- Cunoștințe declarative (Itemii 1–3): verificarea cunoașterii legilor, definițiilor și faptelor.
- Cunoștințe condiționale (Itemii 4–5): verificarea abilității de aplicare conceptuală în contexte variate;
- Cunoștințe procedurale (Itemul 6): verificarea abilității de utilizare operațională a instrumentelor precum voltmetrul și ampermetrul.

Testul presupunea un maxim total de 32 de puncte, distribuite proporțional:

- 43,75% pentru cunoștințe declarative
- 40,63% pentru condiționale și
- 15,62% pentru cunoștințe procedurale.

Structura testului reflectă greutatea cognitivă specifică a acestor domenii de cunoaștere în cadrul subiectului Electrocineticii, în concordanță atât cu așteptările curriculare naționale, cât și cu cercetarea internațională. Cunoașterea declarativă și condițională au o pondere specifică mai mare datorită asocierii lor mai puternice cu înțelegerea conceptuală și transferul, în timp ce cunoașterea procedurală, deși esențială, avea un rol de sprijin, complementar celor două tipuri de cunoaștere. În grupul experimental, șase IC au fost integrate în lecții folosind sistemul de evaluare digitală Turning Point. Aceste întrebări nu au fost incluse în analiza datelor, ci au fost folosite exclusiv ca instrument pentru a susține construirea înțelegerii conceptuale prin discuții între colegi și feedback-ul către profesor. IC erau folosite în principal în timpul lecțiilor axate pe introducerea de concepte noi sau explorarea în laborator. În contrast, în timpul lecțiilor dedicate rezolvării problemelor, IC nu erau folosite, în schimb elevii s-au implicat în analiza exercițiilor complexe și a unor scenarii reale de probleme care necesitau raționament mai profund, integrarea cunoștințelor anterioare și justificare structurată. Împreună, aceste instrumente au permis analize statistice descriptive, corelaționale și inferențiale, prezentate mai jos. Datele au permis evaluarea nu doar a efectului asupra fiecărui tip de cunoștințe, dar și evidențierea corelației între tipul de cunoștințe și succesul academic.

Analiza statistică a rezultatelor

Rezultatele finale ale evaluării pentru unitatea de învățare „Electrocinetica” au fost colectate din două clase experimentale ($n = 57$) și două clase de control ($n = 53$), rezultând o dimensiune relativ echilibrată a eșantionului între grupuri. Acest echilibru sporește validitatea comparațiilor de grup. Așa cum se arată în Tabelul 3.6, grupul experimental a demonstrat un nivel notabil mai ridicat de performanță: nota cea mai frecvent întâlnită a fost 10, indicând că un număr substanțial de elevi au obținut nota maximă. În contrast, cea mai frecventă notă în grupul de control a fost 6, sugerând o tendință spre niveluri moderate de performanță și o lipsă de concentrare a notelor aproape de zona de excelență (vezi Fig. 3.3 și Fig. 3.4).

Tabelul 3.6. Statistica descriptivă pentru rezultatele evaluării sumative în grupurile experimental și de control

	Grup	
	Experimental	Control
Număr participanți	57	53
Modulul	10.00	6.00
Mediana	8.00	6.00
Nota medie	7.37	5.98
Devierea Standard	2.23	2.14
Asimetria	-0.59	0.01
Eroarea Std. Asimetria	0.32	0.33
Testul Shapiro-Wilk	0.92	0.96
Val. referință p	< .001	0.052
Testul Student	L	L
Minimum	1.00	2.00
Maximum	10.00	10.00

Observăm că mediana în grupul experimental a fost 8,0, ceea ce înseamnă că cel puțin jumătate dintre elevi au obținut 8 sau mai mult. În contrast, grupul de control a avut o mediană de 6,0, indicând un nivel de performanță mult mai modest. Nota medie susține și mai mult această observație: elevii din grupul experimental au avut o medie de 7,37, în timp ce cei din grupul de control au avut o medie de 5,98. Această diferență de aproximativ 1,4 puncte sau 23,2% reprezintă o dovadă preliminară clară în favoarea grupului experimental expus la IC.

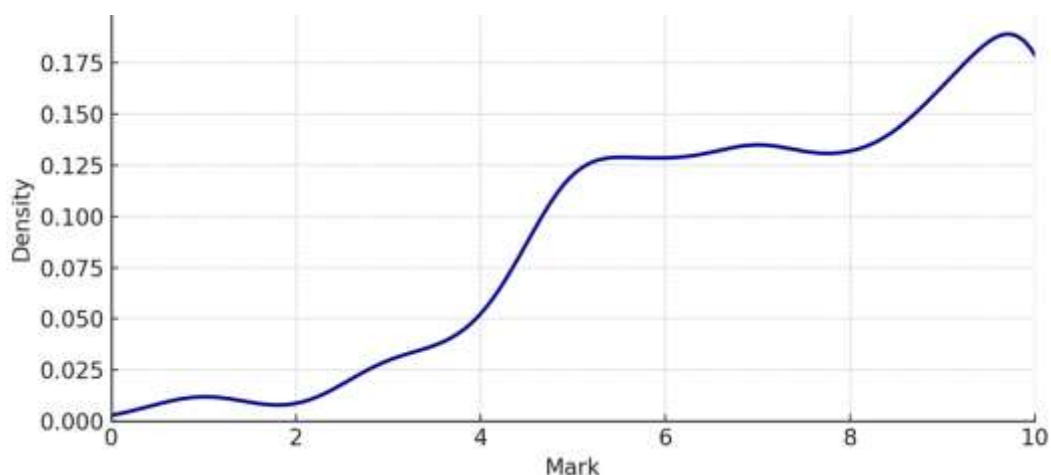


Fig. 3.3 Estimarea densității notelor post-test în grupul experimental ($n = 57$).

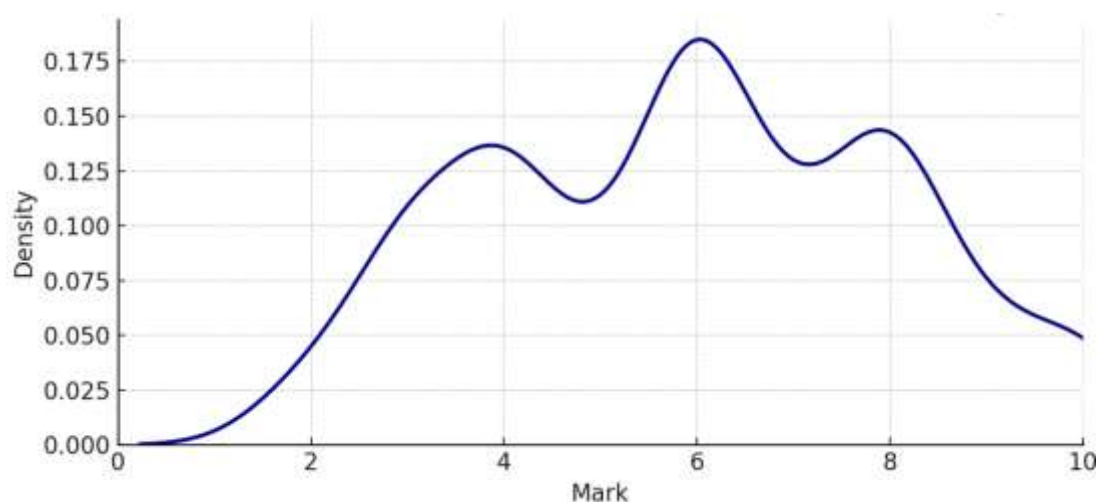


Fig. 3.4 Estimarea densității notelor post-test în grupul de control ($n = 53$).

Curba de distribuție din Figura 3.3 arată o abatere puternică spre dreapta, indicând o concentrație ridicată de elevi cu performanțe de top în grupul experimental. În contrast, Figura 3.4 arată un profil mai fragmentat și simetric în grupul de control, cu note mai puține grupate la capătul superior. Abaterile standard au fost similare între cele două grupuri (2,23 în grupul experimental și 2,14 în grupul de control), indicând un grad comparabil de variabilitate în performanța studenților. Totuși, o abatere standard mai mare de 2 pe o scară de 10 puncte reflectă o răspândire relativ largă a scorurilor în ambele cazuri. Aceasta sugerează că notele elevilor nu erau strâns grupate în jurul mediei, ci mai degrabă dispersate pe o gamă mai largă de niveluri de performanță. În grupul experimental, această dispersie poate reflecta un impact diferențiat al metodei IC, de care au beneficiat mulți elevi, dar nu toți elevii. Analiza asimetriei dezvăluie diferențe suplimentare între grupuri. În grupul experimental, asimetria a fost negativă ($-0,59$), indicând că notele erau concentrate spre extremitatea superioară a distribuției, adică majoritatea elevilor au obținut note mari, elevii cu performanțe scăzute prezintă câteva excepții. Acest fapt confirmă și se aliniază cu modulul 10 și reflectă un profil

de performanță ponderat spre dreapta, compatibil cu rezultate academice solide. În contrast, grupul de control are o valoare de asimetrie aproape de zero (0,013), sugerând o distribuție aproape simetrică a scorurilor în jurul mediei. Această simetrie implică o distribuție mai echilibrată a performanței, dar și o lipsă de concentrare la capătul superior al scalei. Testele de normalitate Shapiro–Wilk au confirmat aceste tipare. Distribuția scorurilor în grupul experimental s-a abatut semnificativ de la normalitate ($p < 0,001$), ceea ce este în concordanță cu gruparea spre dreapta a notelor mari. Valoarea p a grupului de control (0,052) indică normalitate aproximativă, fără tendințe extreme spre scoruri mari sau scăzute. Din punct de vedere pedagogic, aceste rezultate sugerează că metoda IC a contribuit la o schimbare semnificativă a performanței elevilor pentru majoritatea clasei, în timp ce predarea tradițională a menținut un rezultat de nivel mediu, distribuit uniform.

Analiza distribuirii notelor adaugă o altă dimensiune statisticii. De exemplu în grupul experimental, notele au variat între 1 și 10, în timp ce în grupul de control, cea mai mică notă a fost 2, iar cea mai mare tot 10. În ciuda minimului mai scăzut în grupul experimental, faptul că 10 a fost atât nota maximă, cât și cea mai frecventă, sugerează o concentrație puternică de performeri. Acest lucru indică faptul că IC au permis unui număr substanțial de elevi să atingă niveluri ridicate de performanță. În același timp, prezența unor note foarte mici indică variabilitatea modului în care elevii au răspuns la această strategie, unii s-ar fi putut confrunta cu dificultăți cu natura abstractă a raționamentului conceptual sau să nu fi avut cunoștințe prealabile. Prin contrast, intervalul mai îngust din grupul de control (2 până la 10), combinat cu un mod și o mediană de 6, reflectă un rezultat de învățare mai compact. Predarea tradițională pare să fi produs un nivel moderat, dar uniform de performanță, cu mai puține excepții pozitive sau negative. Din punct de vedere pedagogic, gama mai largă a scorurilor din grupul experimental implică o activare cognitivă mai mare și o diversitate a rezultatelor de învățare. De asemenea, subliniază importanța integrării strategiilor de suport diferențiat pentru a ne asigura că toți elevii beneficiază de metoda întrebărilor conceptuale.

Tabelul 3.7 prezintă corelația dintre notele elevilor de la evaluarea sumativă și nivelurile lor de cunoștințe declarative, condiționale și procedurale în ambele grupuri de instruire. Rezultatele arată că cunoașterea declarativă și condițională sunt puternic și constant corelate cu performanța, valorile r ale lui Pearson depășind 0,89 pe toate planurile. În grupul experimental, unde au fost aplicate Întrebările Conceptuale, corelațiile depășesc 0,90, întărind relevanța stăpânirii factuale și a raționamentului contextual în susținerea rezultatelor învățării.

Tabelul 3.7. Corelațiile Pearson și Spearman între notele finale și cunoștințele declarative, condiționale, și procedurale ale elevilor din grupurile experimental și de control.

	Ambele grupuri			Grupul Experimental			Grupul de control		
	Cunoștințe			Cunoștințe			Cunoștințe		
	Decl.	Cond.	Proced.	Decl.	Cond.	Proced.	Decl.	Cond.	Proced.
Pearson's r	0.894	0.898	0.620	0.902	0.905	0.635	0.887	0.923	0.582
p-value	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001
Mărimea efectului (Fisher's z)	1.440	1.460	0.725	1.480	1.498	0.750	1.409	1.608	0.666
Er. Std. pentru mărimea efectului	0.097	0.097	0.097	0.136	0.136	0.136	0.141	0.143	0.141
Spearman's rho	0.890	0.911	0.640	0.868	0.917	0.602	0.888	0.947	0.581
p-value	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001
Mărimea efectului (Fisher's z)	1.422	1.532	0.758	1.326	1.569	0.696	1.414	1.806	0.664
Er. Std. pentru mărimea efectului	0.107	0.108	0.102	0.148	0.150	0.142	0.154	0.160	0.147

Observăm că cunoștințele procedurale, deși semnificativ asociate cu notele finale ($r \approx 0,58\text{--}0,64$), joacă un rol mai modest. Această diferență în puterea predictivă este evidențiată și de dimensiunile efectelor (Fisher's z), care variază între 1,4–1,6 pentru cunoașterea declarativă și condițională (efecte mari), și aproximativ 0,66–0,76 pentru cunoștințele procedurale (efecte moderate).

Menționăm că grupul de control a prezentat corelații condiționate și mai puternice (z până la 1,81), în ciuda absenței unei structuri conceptuale explicite. Aceasta sugerează că raționamentul condiționat este un predictor robust și general al performanței, posibil reflectând obiceiuri anterioare de învățare sau înțelegere intuitivă.

În contrast, grupul experimental a demonstrat corelații procedurale ușor mai ridicate, sugerând o integrare mai bună între înțelegerea conceptuală și execuția practică. Această sinergie poate rezulta din accentul instrucțional pus pe „când” și „de ce” pentru a aplica principiile științifice, nu doar „cum”.

Din punct de vedere pedagogic, aceste constatări evidențiază faptul că strategiile de predare influențează nu doar ceea ce învață elevii, ci și modul în care diferite tipuri de cunoștințe interacționează pentru a susține succesul academic. Tiparele de corelație sugerează

că IC pot spori coerența structurilor de cunoștințe ale studenților, favorizând raționamentul flexibil chiar și în sarcini procedurale.

Mai mult, mărimea efectelor observate, în special pentru cunoașterea condiționată, depășește impactul mediu al tehnicilor instrucționale consacrate, precum feedback-ul ($d \approx 0,73$) sau antrenamentul metacognitiv ($d \approx 0,69$) [120]. Aceasta poziționează predarea conceptuală ca o strategie de mare putere pentru îmbunătățirea rezultatelor învățării științelor. Aceste rezultate sunt în concordanță cu teoriile învățării profunde și schimbării conceptuale, subliniind valoarea instruirii care cultivă tipare de raționament transferabile, mai degrabă decât proceduri mecanice.

Eșantioanele pereche și T-testul

Pentru a evalua impactul asupra învățării în cadrul fiecărui grup de instruire, a fost aplicat un test t cu eșantioane pereche pentru a compara scorurile elevilor înainte și după test. Așa cum este prezentat în Tabelul 3.8, grupul experimental a înregistrat o îmbunătățire statistic semnificativă, cu un câștig mediu de aproape un punct (creștere medie de la 6,47 la 7,37; $d = 0,534$). Acest lucru reflectă o dimensiune moderată a efectului și indică o progresie semnificativă în învățare pe parcursul secvenței de instruire din 6 lecții. În schimb, grupul de control nu a prezentat o schimbare substanțială a performanței ($d = 0,044$), iar media lor post-test a scăzut ușor. Această stagnare, în ciuda instruirii tradiționale, pune întrebări cu privire la capacitatea metodelor tradiționale de predare de a genera progrese cognitive atunci când este necesar raționamentul abstract [9].

Tabelul 3.8. Compararea rezultatelor pre– și post – test și mărimea efectului în grupurile Experimental și de Control la Electrocinetică

	Grup experimental		Grup de control	
	Pre-Test	Post-Test	Pre-Test	Post-Test
Participanți	57	57	53	53
Media	6.474	7.368	6.057	5.981
Devierea standard	1.428	2.225	1.646	2.144
Eroarea medie	0.189	0.295	0.226	0.294
Coeficientul de variație	0.221	0.302	0.272	0.358
t	4.030		0.318	
p	1.000		0.752	
Cohen's d (Mărimea efectului)	0.534		0.044	
Eroarea medie, Cohen's d	0.117		0.121	

Notă: Ipoteza alternativă presupune că pre-testul este mai mic decât post-testul.

O legătură interesantă apare atunci când se examinează coeficienții de variație: variabilitatea post-instruire a crescut în ambele grupuri, dar mult mai puternic în grupul de control (de la 0,27 la 0,36, comparativ cu 0,22 până la 0,30 în grupul experimental). Aceasta sugerează un efect de polarizare, adică o disparitate mai mare în rezultatele elevilor atunci când sprijinul pentru procesarea conceptuală lipsește. Între timp, variația mai largă din grupul experimental poate reflecta căi de învățare divergente, dar productive, tipice mediilor constructiviste [244].

Dincolo de îmbunătățirea mediei, aceste rezultate ilustrează cum traiectoriile de învățare diferențiate pot apărea din aceeași intervenție pedagogică. Deși nu toți elevii au progresat la fel, tendința de creștere a grupului experimental indică potențialul întrebărilor conceptuale de a stimula implicarea cognitivă individuală, o piatră de temelie a instruirii centrate pe elev.

În concluzie, progresul observat în cadrul grupului evidențiază nu doar eficacitatea intervenției, ci și importanța design-urilor didactice care să țină cont de variabilitatea modului

în care elevii asimilează și reorganizează cunoștințele. Aceste dinamici, adesea trecute cu vederea de metricile globale, sunt centrale pentru construirea unor practici de educație științifică receptivă și echitabile.

3.3 Modelul pedagogic 4D pentru formarea CIPV la lecțiile de fizică

3.3.1 Structura modelului 4D de formare a CIPV

Educația formală pe parcursul anilor școlari joacă un rol decisiv în formarea CIPV și în promovarea unei mentalități de învățare continuă [60]. Fizica, ca disciplină fundamentală pentru înțelegerea naturii și a fenomenelor din jurul nostru, oferă un cadru privilegiat pentru dezvoltarea acestor competențe, deoarece „învățarea fizicii necesită mai mult decât înțelegerea conținutului fizic; implică stăpânirea practicilor științifice și a abilităților de învățare” [81]. În mod tradițional, predarea fizicii s-a concentrat pe transmiterea cunoștințelor teoretice și a abilităților de rezolvare a problemelor. Cu toate acestea, abordările actuale ale alfabetizării științifice sunt insuficiente pentru a pregăti elevii să facă față provocărilor societale complexe [226]. Astfel, în lumina noilor cerințe educaționale, este necesară o reconfigurare a abordărilor pedagogice pentru a dezvolta CIPV în laboratorul școlar de fizică. Aceasta implică o trecere de la un model de predare centrat pe conținut la un model multidimensional care include alte aspecte esențiale ale procesului de învățare, cum ar fi înțelegerea cogniției elevilor, aplicarea metodelor de predare fundamentate științific și măsurarea impactului predării asupra învățării [201].

În acest paragraf, propunem un model pedagogic care integrează patru dimensiuni esențiale în predarea fizicii:

- **Cogniția** – se concentrează pe progresia studenților de la cunoștințele de bază la evaluarea critică, cu scopul final de a dezvolta capacitatea de a înțelege și aplica concepte complexe de fizică în mod autonom și reflexiv.
- **Metodologia educațională** – explorează evoluția de la utilizarea tehnicilor de predare, prin metode și strategii, până la adoptarea paradigmatelor educaționale care susțin învățarea activă și colaborativă.
- **Competențele** – urmăresc progresia de la apariția și explorarea conceptelor de fizică până la adaptarea și aplicarea lor creativă în contexte noi și diverse.
- **Complexitatea disciplinară** – abordează tranziția de la învățarea intradisciplinară la cea transdisciplinară, promovând o înțelegere integrată și holistică a fizicii în relație cu alte domenii ale cunoașterii.

Fiecare dintre aceste dimensiuni are rolul său în formarea CIPV la elevi, permițându-le să răspundă eficient provocărilor academice și profesionale după absolvirea școlii. Astfel, avem câte patru etape evolutive pentru fiecare axă a modelului pedagogic 4D de formare a CIPV (4DPM). Deci, 4DPM conține 16 elemente care trebuie luate în considerare la planificarea unui proces didactic în fizică, care vizează dezvoltarea CIPV la studenți. Prin explorarea acestor dimensiuni, ne propunem să oferim o bază teoretică și practică pentru inovarea predării și învățării fizicii, cu scopul de a cultiva CIPV la studenți. Să descriem structura fiecărei axe a modelului pedagogic 4D de formare a CIPV.

Axa Progresiei Cognitive

Această axă pune accentul pe evoluția proceselor cognitive ale elevilor, de la cunoaștere simplă, prin înțelegere, la analiză, sinteză și evaluare critică. Este axa etapelor cognitive: Cunoaștere – Înțelegere – Sinteza – Evaluare critică. Rolul profesorului în trecerea de la o etapă la alta este de a ajuta elevii să dezvolte o înțelegere conceptuală corectă și să construiască cadre mentale sau scheme pentru organizarea, regăsirea și analiza informațiilor [138]. Bransford și colab. [23] afirmă că „învățarea nu înseamnă doar dobândirea de informații, ci și dezvoltarea de instrumente intelectuale și strategii de învățare”. Progresul prin toate etapele Axei de Progresie Cognitivă - *Cunoaștere, Înțelegere, Sinteza și Evaluare Critică* - necesită o abordare activă și constructivă a învățării, în care elevii își dezvoltă propria înțelegere. Bransford și colab. [23] evidențiază patru caracteristici fundamentale ale unui astfel de proces de predare:

- i) concentrarea pe învățarea profundă - înțelegerea conceptelor de bază;
- ii) dezvoltarea abilităților metacognitive ale elevilor pentru a-și monitoriza și direcționa propria învățare;
- iii) promovarea gândirii critice prin analizarea informațiilor, evaluarea dovezilor și luarea unor decizii informate;
- iv) dezvoltarea abilităților de a rezolva situații problematice din lumea reală.

Fundamentul dezvoltării CIPV este alfabetizarea științifică, care implică capacitatea de a înțelege, aplica și analiza critic informații complexe într-o manieră reflexivă. Prin stăpânirea cunoștințelor științifice, elevii devin capabili să se adapteze la noi cunoștințe și contexte, esențiale pentru succesul învățării continue. Botgros și colab. [19] evidențiază șase „etape în dezvoltarea alfabetizării științifice: *Cunoștințe → Funcționalitate → Conștientizare → Acțiune → Comportament → Atitudine*”, timp în care elevii:

- i) stăpânesc un set de cunoștințe fundamentale;
- ii) dezvoltă abilități de aplicare a cunoștințelor în situații practice;
- iii) pot rezolva situații-problemă;

- iv) rezolvă situații complexe;
- v) demonstrează o atitudine pozitivă.

Astfel, „competența reprezintă rezultatul interacțiunii dintre persoană – acțiune – situație și se concentrează pe triplele logici: curriculum, învățare și acțiune în context” [107].

Subliniem că nu toți elevii parcurg complet aceste etape. De exemplu, conform lui Hodosyová și colab. [124], aproximativ 90% dintre elevi dobândesc cunoștințe de bază (cunoștințe factuale), 60% pot interpreta rezultatele, 33% pot planifica un experiment simplu, aproximativ 25% pot analiza un grafic, iar sub 20% pot traduce situațiile în formule sau grafice. Pe baza acestui fapt, ar trebui să stabilim obiective cognitive diferențiate în sala de clasă [90]:

- a) toți elevii pot explora și explica în mod corespunzător cele mai simple fenomene;
- b) majoritatea studenților înțeleg că există metode universale de cercetare;
- c) doar unii studenți reușesc să înlocuiască reprezentările lor naive a priori cu concepte științifice.

Axa Metodologiilor Educaționale

Această axă evidențiază progresia de la tehnici de bază la abordări mai sofisticate și complexe în procesul educațional. Este axa metodelor de învățare: *Procedură – Metodă – Strategie – Paradigmă*. Indiferent de metoda aleasă, pentru ca învățarea să fie eficientă, ea trebuie să fie vizibilă atât pentru profesor, cât și pentru elev. Aceasta înseamnă că obiectivele cognitive stabilite de profesor trebuie să fie vizibile pentru elevi, iar progresul elevilor (în ceea ce privește înțelegerea) trebuie să fie transparent pentru profesor. Pentru a realiza acest lucru, Învățarea Vizibilă va îndeplini trei criterii [119]:

- i) stabilirea unor așteptări ridicate pentru elevi;
- ii) cunoașterea de către elevi a criteriilor de succes;
- iii) aplicarea unor strategii eficiente de feedback reciproc și continuu.

Atunci când profesorul folosește un mix de strategii educaționale, toate cu un impact ridicat asupra succesului academic al elevilor, elevii devin motivați intrinsec și tind spre obiective cognitive – aceasta este esența conceptului de Learning by Being [35].

În contextul Axei Metodologiilor Educaționale subliniem că, conform teoriei învățării vizibile, diverse metode și strategii de predare au efect diferit asupra succesului academic al elevilor. Dar suprapunerea, sau aplicarea simultană a mai multor strategii eficiente, crește mărimea efectului, creând un efect de sinergie [119]. Metodele și strategiile de predare care s-au dovedit eficiente sunt cele bazate pe dovezi riguroase furnizate de cercetarea pedagogică (strategii bazate pe dovezi) sau strategii de predare bazate pe rezultatele cercetării științifice, care au fost studiate sistematic și s-a demonstrat că au un impact mai mare decât abordările tradiționale [140]. În plus,

B. Bowe [21] subliniază că pentru a asigura un mediu de învățare mai captivant și mai eficient pentru elevi este importantă aplicarea la lecțiile de fizică a strategiilor de învățare prin cercetare (IBSE). Printre astfel de strategii, Bowe evidențiază învățarea problematizată [165], învățarea bazată pe investigare [85], învățarea bazată pe proiecte, instruirea mutuală (IM) [66] și eLearning. De asemenea este demonstrată eficiența acestor procedee: învățare distribuită (*spaced practice*) [241]; recuperarea informației din memorie (*retrieval practice*) [251]; exemple rezolvate (*worked examples*) [78].

Subliniem că din multitudinea de metode de predare, este important să alegem metodele adecvate care se aliniază cu nivelul de dezvoltare cognitivă al elevilor și se conectează cu experiențele lor de viață și obiceiurile de învățare [155]. Pentru a realiza acest lucru, profesorii pot întreprinde o serie de măsuri:

- Crearea de scenarii care să ajute elevii să conecteze conceptele de fizică cu situații din viața reală. Aceasta este similară fazei de Evocare din modelul 5E, unde profesorul încearcă să stârnească interesul și să motiveze elevii prin activarea cunoștințelor lor preexistente și corelarea acestora cu noile concepte care urmează să fie predate.
- Concentrarea pe conceptele de bază care susțin atât formarea înțelegerii conceptuale, cât și dezvoltarea competențelor fundamentale ale elevilor în fizică.
- Acționând mai mult ca ghizi decât ca simpli transmițători de informații, încurajând astfel gândirea critică și independentă a elevilor.

Axa Dezvoltării Competențelor

Această axă reflectă accentul pus pe dezvoltarea holistică a elevului, cuprinzând cunoaștere teoretică (declarativă), cunoaștere aplicativă (procedurală) și cunoaștere condițională (când și de ce se aplică cunoștințele și procedurile), toate esențiale pentru învățarea pe tot parcursul vieții [24]. Aceeași structurare a cunoștințelor în categorii declarative, procedurale și condiționale se regăsește și la R. Marzano [161]. Dezvoltarea progresivă a cunoștințelor, abilităților și atitudinilor se reflectă prin etape care încep cu descoperirea conceptelor, atingerea înțelegerii conceptuale și, în cele din urmă, aplicarea acestor cunoștințe în contexte din lumea reală. În acest sens, putem discuta despre patru etape sau repere pe axa dezvoltării competențelor: *Explorare – Consolidare – Adaptare – Integrare*.

Evoluția elevului de-a lungul acestei axe se corelează puternic cu celelalte axe ale acestui model cvadridimensional. Astfel, gradul de dezvoltare a competențelor este influențat de mediul de învățare și de metodele de predare. În plus, competența se bazează pe înțelegerea conceptuală și este fundamentală pentru identitatea fizicii elevului. Prin urmare, progresul elevului de-a lungul axei de competențe este determinat de metode active de predare, gradul de vizibilitate în învățare

și predare și evaluarea adecvată a înțelegerii conceptuale. Merită menționat faptul că un model clasic pentru evaluarea înțelegerii conceptuale a fizicii newtoniene este testul (*Force Concept Inventory*) elaborat de D. Hestenes și colab. [123].

Cercetările arată că dezvoltarea competențelor la lecțiile de fizică necesită activități care implică investigație științifică, experimentare și modelare. În acest sens, evidențiem metoda Eugeniei Etkina, ISLE (Investigative Science Learning Environment), care pune accentul pe dezvoltarea competențelor prin implicarea activă a elevilor în formularea întrebărilor, proiectarea și efectuarea experimentelor și comunicarea rezultatelor [85]. În plus, implementarea activităților de grup și a discuțiilor ghidate este esențială pentru dezvoltarea abilităților de rezolvare a problemelor și a înțelegerii conceptuale [165]. Mai mult, abilitățile de gândire critică și înțelegerea profundă pot fi dezvoltate prin utilizarea întrebărilor conceptuale și a discuțiilor între colegi în cadrul metodei de instruire între colegi [164]. Competențele metacognitive și de rezolvare a problemelor se formează atunci când elevii sunt plasați în situații care le cer să gândească sistematic și să își evalueze propriile procese de gândire [202].

Axa Complexității Disciplinare

Această axă subliniază nivelul de integrare și complexitate a cunoștințelor și abilităților, trecând de la un singur domeniu de studiu la domenii multiple și, în cele din urmă, la o abordare transdisciplinară. Această axă reflectă progresia de la învățarea specializată într-o singură disciplină la o abordare holistică și integrată a cunoașterii, esențială pentru CIPV [5]. Astfel, avem patru puncte de referință pe axa complexității disciplinare: *Monodisciplinaritate – Multidisciplinaritate – Interdisciplinaritate – Transdisciplinaritate*.

În formarea CIPV în cadrul lecțiilor de fizică, progresia complexității disciplinare începe cu monodisciplinaritatea. La această etapă, elevii își aprofundează înțelegerea conceptuală prin formarea de conexiuni între diverse concepte ale fizicii, cum ar fi conservarea energiei, conservarea impulsului și legea lui Coulomb [102]. Aceasta este urmată de multidisciplinaritate, unde elevii abordează teme comune din perspectiva mai multor discipline, cum ar fi vectorii (fizică, matematică), căldura (fizică, chimie, biologie), algoritmi (informatică, matematică, fizică), ochiul (fizică, biologie), undele sonore (fizică, educație muzicală) [64].

În ceea ce privește interdisciplinaritatea, trebuie menționat că fizica, prin natura sa, este o știință deschisă, interdisciplinară. Astfel, fizica își împrumută metodele și limbajul din chimie, discipline tehnice, astronomie. La rândul lor, aceste discipline oferă fizicii subiect de cercetare. Prin urmare, baza interdisciplinarității constă în relația bidirecțională dintre fizică și alte științe. Exemple concrete de interdisciplinaritate includ interconexiunile dintre fizică, chimie și matematică, cum ar fi potențialul chimic în termodinamică sau reprezentarea grafică a

fenomenelor chimice [156]. Mai mult, prin studiul interdisciplinar al fizicii se dezvoltă modelele și abilitățile necesare pentru rezolvarea unor probleme sociale și economice semnificative, esențiale pentru învățarea pe tot parcursul vieții [158].

Transdisciplinaritatea derivă din interdisciplinaritate, bazându-se pe conexiunile stabilite între discipline, dar depășește acest nivel prin construirea unui ansamblu unitar, fără granițe rigide între domenii. În acest fel, transdisciplinaritatea se apropie de natura transcendentă a subiectului învățării – elevul [178], subliniind caracterul constructivist al procesului de învățare. În realitate, în ciuda utilizării metodelor de predare transdisciplinare, există o reticență predominantă în rândul elevilor de a aprofunda materia, o reticență de a efectua independent lucrări de laborator și de a urma experimentul demonstrativ al profesorului [132]. Motivul acestei situații este că modelele educaționale tradiționale sunt inadecvate pentru secolul XXI. Astfel, predarea științelor STEM într-un mod integrat, bazat pe metode precum învățarea bazată pe proiecte, spre deosebire de o abordare monodisciplinară, duce la rezultate mai bune în ceea ce privește rezultatele academice și formarea abilităților cognitive [215].

3.3.2 *Aplicarea modelului 4D de formare a CIPV*

După descrierea conceptuală a celor patru axe ale modelului de formare a CIPV la lecția de fizică vom arăta cum aceste axe pot fi operaționalizate în cadrul lecției de fizică. Astfel vom ilustra aplicarea coerentă și integrată a modelului, evidențiind funcționalitatea sa în proiecte didactice concrete.

Pentru a susține operaționalizarea modelului propus, a fost elaborat un instrument integrator de proiectare, desfășurare și analiză a lecției de fizică, structurat pe baza celor patru axe ale modelului 4D și a etapelor demersului didactic bazat pe aplicarea simultană în cadrul aceleiași lecții de fizică a două concepte – IM și ISMC (vezi Anexa 19). Astfel, acest instrument corelează progresia cognitivă a elevilor cu strategiile didactice, dezvoltarea competențelor și nivelul complexității disciplinare, permițând evidențierea dinamicii formării competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în cadrul lecției.

Subliniem că modelul 4D oferă un cadru pedagogic adecvat care permite planificarea, desfășurarea și evaluarea învățării din perspectiva competențelor, deoarece fiecare axă a modelului reflectă o dimensiune a formării integrale a elevului, iar interacțiunea lor generează un proces educațional echilibrat între cunoaștere, reflecție și acțiune. Astfel, prezentăm acțiunile profesorului și elevilor specifice tuturor axelor modelului 4D și structurate pe patru nivele de complexitate (vezi Anexa 20).

Modelul 4D nu presupune parcurgerea integrală a tuturor nivelurilor într-o singură lecție. Gradul de activare a celor patru axe se adaptează conținutului, nivelului de pregătire al elevilor și timpului didactic disponibil.

Pentru a evidenția aplicabilitatea practică a modelului, analiza se axează pe tema *Mișcarea rectilinie* care se întâlnește atât în cursul gimnazial – clasa a VII-a, cât și în cursul liceal de fizică din clasa a X-a. Alegerea temei *Mișcarea rectilinie* este determinată de considerentele:

- Tema dată reprezintă una dintre primele experiențe de contact ale elevilor cu limbajul formal al fizicii.
- Implică înțelegerea conceptuală a unei varietăți de concepte interdependente (deplasare, viteză, accelerație, timp).
- Oferă un cadru favorabil pentru formarea treptată a competențelor de învățare reflexivă, transferabilă și colaborativă.
- Se pun bazele formării identității fizice a elevilor.
- Subiectul mișcării rectilinii este unul fundamental care permite dezvoltarea progresivă a abilităților cognitive.
- De asemenea, cercetările arată că vulnerabilitățile identificate de PISA la științe se formează la începutul studierii cinematicii liniare: de exemplu, există trei tipuri de greșeli legate de interpretarea graficelor: identificarea tipului de grafic, calcularea coeficientului de înclinare, calcularea ariei figurii de sub grafic [233].

Pe baza acestor considerente vom descrie cum aplicăm Axa Progresiei Cognitive a modelului 4D în procesul de predare-învățare a mișcării rectilinii.

1. 1 Etapa cunoașterii este prima etapă în care elevii dobândesc și rețin informații de bază. Cunoașterea implică memorarea definițiilor, formulelor și regulilor fără a aprofunda semnificația lor. Această etapă este influențată puternic de resurse – cunoștințele fragmentare anterioare pe care le aduc elevii la lecție, profesorul având obligația să le contextualizeze adică să le ofere un cadru (framing) adecvat [201]. Astfel, în clasa a VII-a la capitolul „Mișcarea și repausul” și în clasa a X-a la capitolul „Cinemática” elevii vor înțelege aceste ISM:

În clasa a VII-a

- Lungimea traiectoriei definită ca drumul sau distanța parcursă.
- Viteza definită ca rapiditatea mișcării și raportul dintre drumul parcurs și timpul deplasării.
- Viteza medie definită ca raportul dintre distanța totală și timpul total.

În clasa a X-a

- Accelerația definită ca rapiditatea variației vitezei în timp, $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$.

- Ecuația mișcării rectilinii uniform variate: $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{1}{2}a_x t^2$.

Pe baza acestor ISM, elevii aplică definițiile și formulele studiate la rezolvarea problemelor de tipul „dacă cunoaștem că un obiect s-a mișcat cu o viteză constantă de 10 m/s timp de 5 secunde, care va fi drumul parcurs?”

1.2 Etapa înțelegerii este etapa când elevii nu doar cunosc noțiuni noi, ci și le înțeleg, reușind să explice conceptele, să facă legături între ele, să propună situații care să exemplifice definițiile. Gradul înțelegerii conceptuale la lecția de fizică depinde de faptul cât de mult suport cognitiv primește elevul din partea profesorului. Anume din această cauză predarea legată de manual care se bazează pe transmiterea cunoașterii către elevi nu este atât de eficientă ca predarea constructivistă ghidată care se bazează pe efortul cognitiv al elevului [9]. Mai mult decât atât, studiile arată că predarea tradițională schimbă puțin concepțiile apriorice ale elevilor despre mișcare [83]. Deja de la această etapă putem vorbi despre înțelegerea conceptuală care implică capacitatea de a interpreta informațiile. De exemplu, elevii încep să înțeleagă relațiile dintre viteză, deplasare, accelerație și timp. Astfel, elevii:

- Recunosc operația matematică necesară pentru determinarea unei mărimi atunci când celelalte trei, deplasarea, timpul și viteza, sunt cunoscute.
- Explică sensul fizic al mărimilor viteza constantă și accelerația constantă.
- Ilustrează prin exemple variate diferite tipuri de mișcare.
- Înțeleg că în cazul vitezei constante accelerația este nulă.
- Descriu grafic mișcarea rectilinie uniformă și variată.

1.3 Etapa sintezei este caracterizată de faptul că elevii au capacitatea de a combina cunoștințele și de a crea o imagine integrată a conceptelor. Sinteza implică aplicarea informațiilor în contexte noi și combinarea mai multor noțiuni pentru a rezolva probleme complexe. Este etapa care corespunde conceptului de “transfer” în învățare, adică aplicarea cunoștințelor în situații noi. Așa cum suntem deja la al treilea punct de referință de pe axa progresiei cognitive, trebuie să avem creștere pe dimensiunile: dezvoltării cognitive, flexibilității cognitive și abilităților de soluționare a situațiilor de problemă [24]. De exemplu, la această etapă elevii pot:

- Calcula coordonata corpului într-un moment de timp, pe baza ecuației mișcării.
- Rezolva probleme de tipul „Un corp pornește din repaus și se deplasează cu accelerație constantă de $0,5 \text{ m/s}^2$ timp de 4 secunde. După această fază, el continuă mișcarea cu viteză constantă timp de 12 secunde. De aflat drumul total parcurs.”

- Rezolva probleme complexe, care presupun parcurgerea mai multor etape de calcul, aplicarea simultană a diferitelor formule și gestionarea mai multor necunoscute. Astfel, pot determina variabile distincte, de exemplu timpul și distanța, pornind din datele inițiale oferite.

1.4 Etapa evaluării critice – la acest nivel, elevii dezvoltă capacitatea de a evalua și judeca critic informațiile, de a analiza diferite soluții și de a trage concluzii bine argumentate. Evaluarea critică implică aplicarea cunoștințelor în mod creativ și analiza situațiilor din perspective multiple.

În cadrul studierii mișcării rectilinii elevii își dezvoltă competențe variate care depășesc simpla aplicare de formule. În acest caz, elevii:

- Pot evalua scenarii diferite și selecta strategia optimă de rezolvare pentru o problemă dată
- Sunt capabili să analizeze soluții propuse de colegi
- Pot identifica erori și să corecteze raționamente
- Pot concepe experimente menite să determine accelerația unui corp aflat în mișcare rectilinie, argumentând alegerea instrumentelor și a metodelor utilizate
- Pot propune aplicații practice ale ecuațiilor de mișcare rectilinie, evidențiind relevanța acestora în domenii precum ingineria sau tehnologia.

Etapele progresului cognitiv al elevilor în studiul fizicii se integrează în fiecare capitol sau modul de învățare. Ele nu se delimitează prin niveluri de școlaritate, ci fac parte din orice abordare constructivistă – fie că este vorba despre învățarea prin cercetare, învățarea reflexivă sau predarea și învățarea vizibilă. Este esențial să distingem între dezvoltarea cognitivă și învățarea propriu-zisă (succesul academic): acestea sunt variabile separate, dar interdependente. Progresul cognitiv se realizează doar odată cu creșterea complexității abilităților [210], în deplină concordanță cu conceptul „zonei dezvoltării proximale” formulat de L. Vygotsky.

În continuare vom evidenția modul în care Axa Metodologiei Educaționale poate fi aplicată la studiul mișcării rectilinii, prin analiza succesivă a nivelurilor sale: Procedeu, Metodă, Strategie și Paradigmă.

2.1 Procedeu desemnează o acțiune punctuală sau o tehnică simplă, utilizată pentru a facilita învățarea unui concept. În această etapă accentul se pune pe activități izolate, cu obiective clar definite, menite de regulă să introducă noțiuni noi. Spre exemplu, elevii pot realiza un experiment elementar prin care măsoară timpul necesar unui obiect să parcurgă o distanță fixă cu viteză constantă. Pentru colectarea datelor procedeul presupune utilizarea unor astfel de instrumente de bază ca rigla și cronometrul. Activitatea poate fi formulată sub forma unei sarcini de cercetare: „Măsuраți timpul în care o mașinuță parcurge 1 metru pe o suprafață plană.” Deja la această etapă elevii vor aplica formula învățată la soluționarea unei situații practice. Exemple de procedee pot

fi: cronometrarea manuală, măsurători cu rigla, bila pe plan înclinat. Astfel de activități practice simple sporesc interesul pentru fizică, contribuie la înțelegerea subiectului, ajută la dezvoltarea abilităților de gândire critică și rezolvare a problemelor [75].

2.2 Metoda reprezintă un set structurat de procedee care sunt combinate pentru a atinge un obiectiv educațional specific. În această etapă, activitățile sunt mai organizate și urmăresc un plan secvențial. De pildă, metoda experimentală este utilizată pentru cercetarea relației dintre viteză, distanță și timp. Elevii sunt ghidați printr-o succesiune de pași: formularea ipotezei, colectarea datelor și analiza rezultatelor. O activitate relevantă ar putea fi: „Examinați modul în care distanța parcursă de un obiect aflat în mișcare rectilinie uniformă depinde de timp. Formulați predicții pentru intervale diferite și verificați-le prin experiment.”

Astfel, exemple de metode didactice pot include:

- *Experimentele simple de laborator* (Hands-on Physics Experiments) ce pot fi folosite ca instrumente suplimentare de facilitare a învățării, avantajele principale fiind contextualizarea, flexibilitatea și motivarea elevilor [79].
- *Analiză video și analiza lecțiilor filmate* plasate pe platforme cu resurse educaționale deschise disponibile pe platforma educatieonline.md. Este eficientă în cadrul metodei clasa inversată (Flipped Classroom) când elevii analizează filmulețul video înainte de lecție și răspund la câteva întrebări de control [41].
- *Reprezentarea diagramelor de forță*, care ajută la înțelegere și vizualizarea forțelor. Așa cum mai mult de jumătate din elevi întâmpină dificultăți în construirea sau identificarea diagramei corecte, elevii trebuie să aibă oportunitatea ca ei înșiși să construiască și să explice diagramele de forță [214].
- *Simulările* de tipul PhET, PhysicsClassroom, OpenSourcePhysics, oPhysics, care sunt privite ca instrumente cognitive ce permit vizualizarea fenomenelor și contribuie astfel la înlăturarea preconcepțiilor greșite și dezvoltarea la elevi a explicațiilor științifice. De asemenea, feedbackul livrat de profesor imediat după simulările PhET încurajează gândirea critică științifică [4].
- *Întrebările conceptuale* care sunt folosite în cadrul mai multor strategii didactice: Peer Instruction, Clasa Inversată, Just-In-Time Teaching când elevii răspund la astfel de întrebări conceptuale înainte de lecție, iar profesorul își ajustează lecția în funcție de răspunsurile elevilor. Astfel, metoda ajută la identificarea punctelor slabe ale elevilor și la personalizarea predării [164].

2.3 Strategia educațională presupune un plan amplu și flexibil, care integrează diverse metode pentru atingerea obiectivelor de învățare pe termen lung. În această etapă, elevii sunt

stimulați să exploreze conceptele din perspective multiple și să aplice cunoștințele în contexte variate. Un exemplu relevant este aplicarea ISMC, unde elevii investighează mișcarea rectilinie prin activități deschise, experimentare și reflecție personală. Ei formulează întrebări, caută soluții și își construiesc concluziile pe baza propriei cercetări. O posibilă activitate de cercetare ar putea fi: „Proiectați un experiment pentru a analiza efectul unei forțe constante asupra unui corp aflat în mișcare rectilinie. Utilizați materiale și instrumente variate, documentați procesul, formulați ipoteze și prezentați concluziile.” Alte exemple de strategii educaționale pot fi: învățarea prin descoperire, învățarea prin proiect, învățarea problematizată, învățarea prin colaborare.

2.4 Paradigma este o viziune educațională completă sau un cadru conceptual care ghidează întregul proces de învățare. Aceasta reflectă o teorie sau o abordare filozofică asupra educației și influențează alegerea strategiilor și metodelor utilizate. Paradigma poate integra aspecte interdisciplinare și aduce o abordare holistică asupra învățării. Paradigma constructivistă se aplică predării mișcării rectilinii prin conceperea învățării ca proces activ de construire a cunoștințelor. Elevii nu se limitează la receptarea informațiilor, ci își formează propria înțelegere prin experiență, reflecție și colaborare. Constructivismul poate presupune și integrarea altor discipline, precum matematica și ingineria, în cazul examinării situațiilor reale. Un exemplu de activitate constructivistă ar fi: „Explorați modul în care conceptele de mișcare rectilinie pot fi utilizate în proiectarea unui vehicul eficient energetic, integrând cunoștințe de fizică, matematică și tehnologie pentru a dezvolta o soluție inovatoare.” Alte paradigme utilizate în prezent includ:

- Paradigma behavioristă – predarea fizicii prin exerciții repetitive, rezolvarea problemelor și teste frecvente, până când elevii pot efectua calculele corect [138].
- Paradigma cognitivă – accent pe construirea de scheme mentale, hărți conceptuale sau diagrame pentru înțelegerea conceptelor de fizică [179].
- Paradigma socioculturală – activități de colaborare, precum lucrul în grupuri pentru proiectarea unui experiment care demonstrează legile lui Newton și prezentarea comună a rezultatelor [167].
- Paradigma eclectică – combină strategii din constructivism, behaviorism și alte paradigme pentru a crea un mediu de învățare personalizat [231]. De exemplu, se pot utiliza tehnici behavioriste pentru introducerea conceptelor de bază, urmate de strategii constructiviste pentru aprofundarea înțelegerii prin activități exploratorii și de colaborare.

Acum să arătăm cum etapele Axei Dezvoltării Competențelor pot fi luate în calcul la proiectarea didactică pe exemplul mișcării rectilinii.

3.1 Etapa explorării – se introduc conceptele de bază sau ISM. Accentul este pus pe descoperirea și explorarea ISM. Subliniem că ISM sunt de fapt unitățile de competență din cadrul

unui capitol, ele corespund obiectivelor cognitive ale lecției când elevii trebuie să ajungă să înțeleagă două – trei ISM. De asemenea, ISM trebuie să corespundă și elementelor noi de limbaj specific, deoarece îmbogățirea vocabularului activ al elevului cu câteva ISM în cadrul fiecărui capitol deja denotă un grad avansat de competență [37]. Aici menționăm că elevii extrag mai ușor informația din reprezentări verbale decât din grafice sau diagrame [223]. În această etapă, elevii sunt orientați spre activități exploratorii de tip introductiv, menite să faciliteze înțelegerea conceptelor fundamentale. Profesorul introduce noțiunea de mișcare rectilie prin demonstrații vizuale, precum observarea traiectoriei unui obiect care se deplasează pe o linie dreaptă. Ulterior, elevii participă la experimente elementare, de exemplu măsurarea distanței parcurse de o mașinuță pe o suprafață plană cu viteză constantă, utilizând instrumente simple precum cronometru și riglă. Scopul principal al acestei faze nu este obținerea imediată a răspunsurilor corecte, ci formarea înțelegerii asupra semnificației mișcării rectiliei și explorarea relațiilor de bază dintre distanță, timp și viteză. Accentul cade pe experiență directă și pe descoperirea intuitivă a legăturilor dintre variabilele fizice. Astfel, la această etapă elevii sunt introduși în context, similar etapei Engage din modelul 5E [31].

3.2 Etapa consolidării – elevii trec de la explorarea inițială la învățarea sistemică a conceptelor, de la concret la abstract. Încep să construiască o înțelegere mai formală a conceptelor și să consolideze cunoștințele prin activități structurate, care facilitează înțelegerea conceptuală mai mult decât abordările centrate pe conținut. De asemenea utilizarea ciclică a metodelor de predare, fără a pune presiune pe înțelegerea imediată, de suprafață, asigură eficiență în predarea fizicii [8]. Astfel, la această etapă elevii nu doar recunosc și reproduc conceptele, dar le și înțeleg în profunzime. În această etapă, elevii dobândesc capacitatea de a defini și diferenția termenii fundamentali ai mișcării rectiliei (poziție, deplasare, viteză și accelerare) și de a-i utiliza corect în contexte variate. Accentul se concentrează pe dezvoltarea abilității de a aplica formulele și conceptele într-un mod consecvent, prin rezolvarea problemelor de dificultate medie, care solicită deja analiză și raționament logic. Profesorul introduce și reprezentarea grafică, iar elevii învață să interpreteze diagrame de tip distanță–timp și viteză–timp, întrucât este demonstrat că utilizarea graficelor și diagramelor aprofundează înțelegerea conceptuală [117]. La acest nivel, elevii își consolidează încrederea prin aplicarea sistematică și corectă a conceptelor, realizând trecerea de la o înțelegere superficială și volatilă către o înțelegere conceptuală solidă [159].

3.3 Etapa adaptării – elevii încep să aplice cunoștințele și abilitățile dobândite în contexte noi și variate, la probleme complexe sau neobișnuite. Elevii trebuie să demonstreze capacitatea de a transfera învățarea lor dintr-un context familiar în unul nou. Este demonstrat că formarea abilităților de gândire reflexivă ajută elevii să navigheze mai ușor printre caracteristicile care

distrag atenția în cazul examinării unei situații noi [218]. De asemenea, capacitatea elevilor de a transfera cunoștințe în cadrul învățării fizicii este influențată de astfel de factori ca: experiențele anterioare, de contexte (învățare formală, viața de zi cu zi) [250]; aplicarea de către elevi a aparatului matematic la descrierea situației de problemă [217]. Astfel, orice abordare constructivistă cu punerea accentului atât pe efortul elevului cât și pe ghidarea de către profesor va facilita transferul de cunoștințe. De exemplu, dacă elevii au studiat anterior mișcarea rectilinie pe suprafețe plane le propunem o situație didactică nouă de a studia mișcarea pe plan înclinat, adică le creăm un context în care sunt implicate forțe externe, cum ar fi frecarea, forța de gravitație sau reacția suportului. Rezultă că bagajul de cunoștințe al elevului se îmbogățește cu concepte noi anume la etapa adaptării sau a transferului. Deci, transferul sau adaptarea cunoștințelor la situații noi generează înțelegerea conceptuală a noțiunilor studiate.

3.4 Etapa inovării – elevii sunt capabili să aplice în mod flexibil și creativ conceptele învățate la situații complexe și să adapteze cunoștințele lor la probleme interdisciplinare reale. Această etapă implică un grad ridicat de autonomie și inovare. Prezintă câteva metode didactice adecvate acestei etape. De exemplu:

Practica deliberată (*Deliberate Practice*) care se bazează pe: efortul cognitiv al elevului; setarea obiectivelor specifice de învățare, feedback continuu, și ieșirea din zona de confort [170].

Mediile de învățare asincronă (*Asynchronous Learning Environments*) caracterizat prin: învățarea în ritmul propriu, alegerea nivelului de participare în lucrul grupului, comunicarea în interiorul comunității [82].

Învățarea interdisciplinară bazată pe proiecte (*Interdisciplinary Project-Based Learning*) caracterizat prin: lucrul în grup al echipelor interdisciplinare, ghidarea și susținerea de către profesor, comunicarea ca pârgie pentru obținerea rezultatelor inovatoare [25].

Dacă să luăm același caz al temei Mișcarea Rectilinie, atunci pentru a explora mișcarea rectilinie În Etapa Inovării, elevii sunt provocați să conceapă și să realizeze proiecte aplicative care îmbină creativitatea cu rigoarea științifică. Spre exemplu, pot proiecta și construi modele de vehicule simple din materiale reciclabile (baloane, recipiente PET), calculând viteza medie în funcție de distanța parcursă și timpul măsurat. Ulterior, își adaptează prototipul pentru optimizarea mișcării – prin ajustarea masei sau reducerea frecării – iar activitatea se finalizează cu o reflecție asupra aplicabilității cunoștințelor în designul vehiculelor eficiente energetic. Profesorul are rolul de facilitator, oferind ghidare și feedback, stimulând colaborarea și creativitatea. Această abordare, înrudită cu modelul STEM, poate fi denumită Applied Physics Modelling.

Să analizăm cum mono-, pluri-, inter- și trans-disciplinaritatea pot fi luate în calcul la planificarea demersului didactic la fizică.

4.1 Etapa intra-disciplinară se concentrează pe trei momente de bază: *i)* înțelegerea profundă și aplicarea conceptelor învățate în cadrul fizicii; *ii)* metacogniție; *iii)* motivare și formarea interesului pentru fizică ca disciplină școlară și ca domeniu de cercetare. Studiile arată că așa cum în cadrul lecțiilor de fizică mono-disciplinare lipsesc contexte autentice și activități colaborative deseori se limitează învățarea prin cercetare, împiedicându-se înțelegerea conceptuală, metacogniția, motivația și interesul [139]. Soluția este ca strategiile didactice să pună accent pe metacogniție și pe discursul în clasă al elevilor deoarece acestea au efect direct asupra înțelegerii conceptuale [122]. Din mulțimea de metode didactice aplicate intra-disciplinar, subliniem în primul rând strategiile bazate pe rezultatele cercetării (*Research-Based Instructional Strategies*) [140]. În cazul mișcării rectilinii, accentul se pune pe înțelegerea principiului relativității mișcării și pe analiza relațiilor fundamentale dintre deplasare, viteză, accelerație și timp. De exemplu, elevii utilizează senzori de mișcare pentru a determina viteza, accelerația și distanța parcursă de un corp aflat în mișcare rectilie uniformă sau uniform accelerată, aplicând formulele recent introduse. În această etapă, pentru consolidarea metacogniției, se pune accent pe activități reflexive și de investigare, care stimulează gândirea critică și capacitatea de autoevaluare. Studiile arată că nu există continuitate la trecerea dintr-o clasă în alta în dezvoltarea competenței de investigare, de care depinde succesul mai multor strategii constructiviste [13].

4. 2 Etapa pluri-disciplinară este prima etapă când se integrează cunoștințele din multiple domenii conexe, dar fără a le împleti la un nivel mai profund, așa cum face inter-disciplinaritatea. În pluridisciplinaritate, subiecții rămân distincți în același timp îmbunătățind înțelegerea prin perspective paralele. În acest mod, pluridisciplinaritatea reprezintă etapa inițială a organizării cunoașterii, caracterizată prin suprapunerea diferitelor domenii de cercetare. Fără o îmbogățire culturală pluri-disciplinaritatea este un proces steril [229].

4. 3 Etapa inter-disciplinară integrează conceptele din fizică cu alte discipline științifice, cum ar fi matematica sau geografia, adăugându-le o nouă funcționalitate. De exemplu, unii cercetători formulează definiția competenței de cunoaștere științifică interdisciplinară ca pe „un ansamblu integrat de resurse interne ale elevului comune disciplinelor școlare Fizică, Biologie și Chimie, axate pe interacțiuni ale raționamentului dialectic, pe gândire epistemologică, pe utilizarea corespunzătoare a limbajului științific și realizate prin comportamente adecvate, în vederea rezolvării unor situații semnificative modelate pedagogic” [20]. Anume interpretarea competențelor-cheie ca finalități educaționale pune activitatea de predare-învățare-evaluare într-o perspectivă inter- și trans-disciplinară [114]. În orice situație interdisciplinară ne vom conduce de principiile de Respect și Design Reflexiv (*Respect and Reflective Design*) formulate în 2014 de Reddish și colab.:

- Respectă-ți disciplina și înțelege care sunt obiectivele elevilor tăi la lecțiile tale.
- Respectă cunoștințele apriorice cu care vin elevii la lecție.
- Respectă-ți elevii ca oameni care învață și oferă-le condiții ca să învețe în mod natural.
- Setează obiectivele cognitive astfel încât să-i duci pe elevii de unde sunt acum spre unde e necesar.
- Setează mediul de învățare astfel ca elevii să preia atât conținutul cât și metodele adecvate de învățare (conceptuală, factuală, și conținutul epistemologic al disciplinei).

Astfel, diferența principală între pluri- și inter-disciplinaritate rezidă în nivelul de integrare al disciplinelor – în interdisciplinaritate diferite discipline cooperează la soluționarea unei și aceleași probleme, asigurând o înțelegere integrată a subiectului. De exemplu, folosirea noțiunilor din algebră (ecuațiile de gradul II) și analiza graficelor funcțiilor pentru înțelegerea ISM de la această temă. În acest sens, lipsa de coordonare dintre curriculumul de fizică și cel de matematică provoacă dificultăți elevilor. Situația poate fi remediată dacă folosim activități de modelare ca abordare interdisciplinară eficientă, care sporește aplicarea conceptelor matematice în fizică și poate fi adaptată pentru predarea la gimnaziu [168]. De asemenea, abordarea interdisciplinară sporește interesul situațional pentru fizică prin conectarea teoriei cu fenomenele practice, dezvoltând competențe prin activitatea de proiect și integrând experiențele din viața cotidiană în procesul educațional de gimnaziu [141].

4.4 Etapa trans-disciplinară presupune aplicarea conceptelor în contexte care depășesc cadrul disciplinelor școlare tradiționale. Aici se pune accent pe probleme complexe din lumea reală, care necesită o abordare holistică și integrarea cunoștințelor din diferite domenii pentru a găsi soluții inovatoare. Trans-disciplinaritatea este posibilă deoarece competența de a învăța are un caracter transversal prin faptul că se referă la două mari aspecte, care depășesc hotarele disciplinelor: a) a dori să înveți și b) a ști cum să înveți [88]. Ca și inter-disciplinaritatea, trans-disciplinaritatea poate fi obținută prin învățarea bazată pe proiect. Dar, în general există o necesitate acută de metode didactice care să ajute elevii la construirea conexiunilor între diferite domenii ale cunoașterii [80]. Transdisciplinaritatea face parte dintr-un proces mai amplu de umanizare a cunoașterii, ea oferă acel context care face ca elevul să se gândească la cunoaștere în termenii speranțelor și nevoilor sale. Adică plăcerea și învățarea se corelează mutual [53].

Astfel, în paragraful 3.3 am elaborat modelul pedagogic de formare a CIPV, denumit modelul 4D, conceput ca o sinteză integratoare a rezultatelor teoretice și empirice dezvoltate în cadrul tezei și ca răspuns la limitele abordărilor didactice fragmentare în predarea fizicii, având rol explicativ și organizator pentru demersurile didactice analizate anterior. Am arătat că structura

modelului 4D se fundamentează pe articularea coerentă a patru axe esențiale: progresul cognitiv al elevului, metodologia didactică, dezvoltarea competențelor de învățare și complexitatea disciplinară a conținuturilor de fizică, fiecare dintre aceste dimensiuni fiind necesară, dar insuficientă în absența celorlalte, fapt confirmat de rezultatele empirice privind metacogniția, atitudinea și succesul academic analizate în capitolele precedente. Am evidențiat că axa progresului cognitiv descrie trecerea de la cunoașterea factuală la înțelegerea conceptuală, sinteză și evaluare critică, proces care susține dezvoltarea autonomiei intelectuale și a capacității de reflecție asupra propriei învățări și care explică mecanismele progresului observat în datele experimentale. Axa metodologică a fost conceptualizată ca o sinergie de procedee, metode și strategii didactice cu eficiență demonstrată în contextul investigat, aplicate nu izolat, ci într-o logică de complementaritate, capabilă să susțină învățarea activă și participativă, rolul profesorului fiind acela de agent al implementării modelului prin selecția, articularea și reglarea acestor strategii. Axa dezvoltării competențelor de învățare a fost structurată ca un proces gradual de explorare, consolidare, adaptare și integrare a cunoașterii, care permite formarea competențelor transferabile și stabile în timp, în acord cu rezultatele privind progresul metacognitiv și axiologic al elevilor. Totodată, am arătat că axa complexității disciplinare asigură ancorarea în specificul epistemic al fizicii, prin valorificarea progresivă a perspectivelor mono, pluri, inter și transdisciplinare, ca potențial de extindere curriculară, contribuind la depășirea fragmentării conținuturilor și la construirea unei viziuni coerente asupra realității studiate. Aplicarea modelului 4D în predarea temei „Mișcarea rectilinie” a avut un caracter ilustrativ și explorator, demonstrând fezabilitatea și consistența operațională a acestuia în contextul predării fizicii la nivel gimnazial și evidențiind modul în care structura conceptuală a fizicii poate fi utilizată pentru a susține învățarea prin înțelegere, dezvoltarea raționamentului și formarea competențelor de învățare. În ansamblu, modelul 4D se conturează, în contextul investigat, ca un cadru pedagogic integrator, capabil să coreleze progresul cognitiv al elevului, strategiile didactice și complexitatea fizicii ca disciplină școlară într-o abordare coerentă, fundamentată empiric și sustenabilă de formare a CIPV.

Rezultatele acestui capitol sunt prezentate în lucrările [46] „Enhancing Science Competence: Evaluating the Effects of Peer Instruction and Conceptual Questions on Theoretical, Axiological, and Applied Knowledge in Physics Education”, [69] „Four-Dimensional Pedagogical Model for the Development of Lifelong Learning Skills and its Application in the Study of Linear Motion”, [71] „The Impact of Applying the Concepts of Big Scientific Ideas and Conceptual Questions in Teaching Electrokinetics in Lower Secondary Education”, [49] „Structural Knowledge Gains in Physics through Conceptual Questions and Peer Instruction” și [50] „The Effects of Conceptual Questions on the Structure of Scientific Competence in 7th Grade Physics”.

3.4 Concluzii la capitolul 3

Capitolul 3 sintetizează rezultatele cercetării empirice privind formarea CIPV în cadrul lecțiilor de fizică, având ca punct de plecare analiza structurii cunoașterii științifice, a intervențiilor didactice aplicate și a mecanismelor pedagogice implicate. Astfel, primele concluzii se referă la caracteristicile cunoașterii științifice implicate în învățarea fizicii și la modul în care diferitele sale componente se raportează la performanța academică și la dezvoltarea CIPV:

1. S-a identificat și operaționalizat structura triadică a cunoașterii științifice relevante pentru formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții la lecția de fizică, alcătuită din cunoaștere declarativă, cunoaștere procedurală și cunoaștere condițională. Această structură a fost utilizată atât ca fundament teoretic, cât și ca schemă de evaluare a impactului intervenției didactice.
2. S-a identificat rolul diferențiat al tipurilor de cunoaștere în susținerea succesului academic, corelațiile Pearson dintre nota finală și cunoașterea declarativă și condițională fiind foarte ridicate ($r > 0,89$ în ambele grupuri), în timp ce corelațiile cu cunoașterea procedurală au fost moderate ($r \approx 0,58-0,64$), ceea ce confirmă importanța centrală a raționamentului conceptual și contextual.
3. S-a demonstrat că cunoașterea condițională reprezintă cel mai puternic predictor al performanței academice, mărimea efectului (Fisher z) atingând valori mari, de până la 1,50–1,61, atât în grupul experimental, cât și în grupul de control, ceea ce indică faptul că abilitatea de a recunoaște când și de ce se aplică conceptele este esențială pentru învățarea profundă și transferabilă.
4. S-a observat că aplicarea IC favorizează o integrare mai coerentă între cunoașterea declarativă (conceptuală) și cea procedurală, corelațiile procedurale fiind ușor mai ridicate în grupul experimental, fapt ce sugerează că instruirea bazată pe discuție și reflecție sprijină nu doar execuția corectă, ci și justificarea conceptuală a acțiunilor.
5. S-a evidențiat existența unor lacune semnificative în formarea timpurie a CIPV, în special la nivelul limbajului științific, al aplicării instrumentelor și al utilizării tehnologiilor digitale, în ciuda unui interes ridicat al elevilor pentru situații de problemă și pentru integrarea instrumentelor digitale în procesul de învățare.

Pe baza acestui cadru conceptual, s-au analizat efectele intervenției didactice aplicate, urmărind modificările produse la nivelul performanței școlare, al metacogniției și al atitudinii față de învățare:

6. S-a măsurat impactul metodei IM, combinată cu utilizarea sistematică a IC, asupra metacogniției, atitudinii și succesului academic prin design pre-test post-test, pe un eșantion de

110 elevi. Analiza statistică a evidențiat creșteri foarte semnificative pentru succesul academic ($p < 0.001$), cu mărimi ale efectului ridicate ($ME = 0.789$ în testul Student și $ME = 0.778$ în testul Wilcoxon), precum și creșteri semnificative pentru metacogniție și atitudine ($0.001 \leq p \leq 0.005$), cu mărimi ale efectului de intensitate mică spre medie (metacogniție: $ME \approx 0.30$; atitudine: $ME \approx 0.21-0.30$).

7. S-a constatat o creștere diferențiată a componentelor axiologice ale cunoașterii, evidențiată prin autoevaluarea elevilor: nivelul metacogniției a crescut cu 3.0% la băieți și cu 10.8% la fete, iar nivelul atitudinii față de fizică a crescut cu 3.5% la băieți și cu 3.9% la fete, ceea ce indică un impact pozitiv, dar moderat, al metodei asupra acestor dimensiuni.

8. S-a evidențiat că utilizarea IC integrate în IM conduce la creșteri semnificative ale performanței academice, grupul experimental obținând o medie a notelor de 7,37 comparativ cu 5,98 în grupul de control, ceea ce reprezintă o diferență de aproximativ 1,4 puncte sau 23,2% în favoarea instruirii bazate pe interacțiune conceptuală.

9. S-a demonstrat eficiența intervenției bazate pe IC în raport cu predarea tradițională, prin obținerea unui progres statistic semnificativ în cadrul grupului experimental la nivel pre-test/post-test, cu un câștig mediu de aproape un punct și o mărime a efectului Cohen $d \approx 0,53$, în timp ce grupul de control nu a înregistrat îmbunătățiri relevante, ceea ce evidențiază.

10. S-a constatat o modificare substanțială a distribuției rezultatelor școlare în grupul experimental, caracterizată printr-o concentrare a notelor la niveluri superioare (mod = 10, mediană = 8), o asimetrie negativă a distribuției (skewness = $-0,585$) și o abatere semnificativă de la normalitate ($p < 0,001$), indicând un impact sistematic al IC asupra performanței majorității elevilor.

11. S-a constatat că variabilitatea rezultatelor post-intervenție este mai mare în grupul experimental, sugerând apariția unor traiectorii de învățare diferențiate, caracteristice mediilor constructiviste, în timp ce predarea tradițională conduce la rezultate mai uniforme, dar predominant de nivel mediu, cu un potențial redus de excelență.

12. S-a demonstrat consistența internă ridicată a modelului de evaluare a competenței științifice, valorile coeficientului Cronbach α situându-se între 0.76 și 0.91 pentru toate cele cinci componente analizate. Creșterea valorilor α la post-test pentru majoritatea componentelor indică faptul că IM a contribuit nu doar la creșterea nivelului competenței științifice, ci și la consolidarea coerenței interne a acesteia ca construct educațional.

Aceste rezultate au permis, în continuare, formularea concluziilor privind mecanismele didactice și cognitive care susțin aceste evoluții, precum și integrarea lor într-o perspectivă pedagogică coerentă:

13. Analiza componentelor competenței științifice a arătat că cele mai mari îmbunătățiri s-au înregistrat în rezolvarea situațiilor-problemă (creștere de la 33 la 70 de elevi competenți) și în utilizarea limbajului științific (creștere de la 22 la 60 de elevi), în timp ce progresul în aplicarea formulelor și utilizarea unităților de măsură a fost limitat, explicabil printr-un efect de saturație inițială.

14. S-a formulat concluzia că strategiile didactice care conectează explicit cunoașterea declarativă, condițională și procedurală, prin IC, discuții între colegi și feedback formativ, creează premisele dezvoltării competențelor transferabile, ale reglării metacognitive și ale autonomiei intelectuale, componente definitorii ale CIPV.

15. S-a evidențiat faptul că avansarea cognitivă a elevilor nu este liniară și uniformă, ci distribuită pe niveluri distincte de complexitate, de la înțelegerea factuală la evaluarea critică. Această constatare justifică proiectarea unor trasee didactice diferențiate, adaptate nivelurilor reale de dezvoltare cognitivă ale elevilor, și susține necesitatea obiectivelor cognitive graduale în predarea fizicii.

16. S-a demonstrat rolul central al integrării strategiilor didactice eficiente într-o abordare eclectică, care depășește limitele paradigmelor pedagogice izolate. Modelul 4D arată că formarea CIPV este susținută optim prin sinergia dintre instruirea ghidată, activitățile de investigare, dialogul conceptual și feedback-ul formativ.

17. S-a clarificat structura progresivă a CIPV, acestea fiind conceptualizate ca procese dinamice de explorare, consolidare, adaptare și inovare. Această perspectivă permite operaționalizarea competențelor dincolo de nivelul declarativ, prin integrarea cunoștințelor declarative, procedurale și condiționale în contexte variate de învățare.

18. S-a evidențiat importanța nivelului de complexitate disciplinară în formarea competențelor, fiind delimitate etapele de trecere de la abordarea monodisciplinară la cea transdisciplinară. Analiza arată că dezvoltarea competențelor transferabile este condiționată de o progresie atent gestionată a contextelor de aplicare, evitând supraîncărcarea cognitivă și pierderea sensului științific.

În încheiere, concluziile vizează posibilitățile de operaționalizare și utilizare a cadrului pedagogic propus în proiectarea și desfășurarea lecțiilor de fizică:

19. S-a elaborat și fundamentat modelul pedagogic cvadridimensional (4D) pentru formarea CIPV în cadrul lecțiilor de fizică, structurat pe patru axe complementare: progresia cognitivă, metodologiile educaționale, dezvoltarea competențelor și complexitatea disciplinară. Modelul oferă un cadru de integrare a dimensiunilor cognitive, metodologice și epistemice ale predării fizicii.

20. S-a demonstrat aplicabilitatea modelului pedagogic 4D prin operaționalizarea sa pe tema „Mișcarea rectilinie”, evidențiind modul în care cele patru axe pot fi activate simultan în proiectarea lecțiilor. Această aplicare confirmă caracterul funcțional și transferabil al modelului către alte conținuturi din curriculumul de fizică.

21. S-a formulat concluzia că modelul pedagogic propus creează premisele unei corelări explicite între designul didactic și dezvoltarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții, oferind un instrument conceptual și practic pentru proiectarea unor lecții de fizică orientate spre înțelegere conceptuală, reflecție metacognitivă și transfer al cunoașterii.

Astfel, Capitolul 3 finalizează demersul de cercetare al tezei, delimitând reperele empirice și pedagogice ale formării CIPV în cadrul lecțiilor de fizică, rezultatele obținute fiind valorificate în articole științifice și comunicări prezentate la conferințe naționale și internaționale de specialitate.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Concluzii generale

1. Analiza literaturii de specialitate și a documentelor de politică educațională a permis clarificarea evoluției conceptului de competență, evidențiind depășirea perspectivei reductive centrate exclusiv pe acumularea de cunoștințe și conturarea unei înțelegeri complexe, în care cunoștințele, abilitățile, atitudinile și valorile sunt integrate și activate contextual. Examinarea tipologiilor și clasificărilor existente a evidențiat caracterul lor contextual, determinat de domeniul de aplicare și de scopurile educaționale asumate, ceea ce explică diversitatea definițiilor și absența unui model unic universal valabil. În acest cadru, competențele de învățare pe tot parcursul vieții se disting ca un construct transversal, prezent explicit în cadrele de referință europene și internaționale, fiind asociate cu capacitatea individului de a învăța autonom, de a comunica eficient și de a aplica cunoștințele în situații noi. Această fundamentare conceptuală confirmă statutul CIPV ca reper central al educației contemporane, dar relevă totodată caracterul lor deschis și dinamic, dependent de modul în care sunt înțelese și operaționalizate în contexte educaționale concrete.
2. Deși literatura de specialitate indică un consens larg asupra importanței CIPV ca finalitate educațională majoră, analiza critică a evidențiat faptul că mecanismele didactice concrete prin care acestea pot fi formate sistematic în cadrul disciplinelor școlare rămân insuficient clarificate. Această constatare deplasează accentul de la nivelul declarativ al politicilor educaționale către nivelul operațional al practicii didactice, unde competențele de învățare devin o problemă pedagogică deschisă. În acest context, specificul epistemic al fizicii se conturează ca un cadru privilegiat de investigare, prin capacitatea disciplinei de a integra înțelegerea conceptuală, aplicarea cunoașterii și reflecția asupra propriului proces de învățare. Fundamentarea realizată în Capitolul 1 justifică astfel abordarea sistemică a CIPV nu doar ca obiectiv general al educației, ci ca direcție de cercetare didactică aplicată, care oferă baza teoretică pentru demersurile metodologice și experimentale dezvoltate în capitolele următoare ale tezei, centrate pe predarea fizicii.
3. Analiza cadrului teoretic al CIPV a permis evidențierea relației structurale dintre competențele-cheie și strategiile didactice utilizate în predarea fizicii, arătând că formarea acestor competențe nu este un efect secundar al activității didactice, ci rezultatul unui demers pedagogic intenționat. Am constatat că strategiile didactice de orientare constructivistă creează condiții favorabile pentru dezvoltarea competențelor de învățare prin activarea efortului cognitiv, implicarea elevilor și susținerea motivației pentru învățare. Totodată, analiza a evidențiat faptul că fiecare competență-cheie presupune un set specific de abilități, a căror formare este dependentă de

adecvarea metodelor didactice utilizate. În acest context, raportarea strategiilor didactice la impactul lor asupra învățării oferă un criteriu epistemic de selecție și articulare a acestora, fără a le transforma în prescripții rigide. Această perspectivă permite operaționalizarea competențelor de învățare în cadrul predării fizicii prin activități centrate pe înțelegere conceptuală, rezolvare de probleme și reflecție asupra procesului de învățare, pregătind terenul pentru abordările metodologice dezvoltate ulterior.

4. Analiza învățării prin cercetare a permis clarificarea statutului acesteia ca paradigmă pedagogică relevantă pentru formarea CIPV în predarea fizicii. Examinarea strategiilor constructiviste centrate pe efortul cognitiv al elevului și pe învățarea prin înțelegere a arătat că acestea susțin dezvoltarea competențelor de învățare în măsura în care sunt însoțite de feedback și de interacțiuni elev–profesor și elev–elev. În acest context, metoda ISMC a fost analizată ca un cadru de organizare a învățării orientat spre înțelegerea conceptuală, prin efort de învățare ghidat, utilizarea ideilor științifice mari și structurarea ciclică a activităților, evidențiind că formarea competențelor de învățare presupune asumarea unei paradigme didactice integrate.

5. Examinarea rolului ideilor științifice mari a evidențiat funcția acestora ca elemente structurante ale învățării prin cercetare și ca verigi conceptuale în tranziția de la memorarea mecanică la învățarea prin înțelegere. Analiza a arătat că ideile științifice mari pot fi interpretate ca obiective cognitive și unități de competență, organizate într-un lanț conceptual în care lipsa unor verigi afectează parcursul educațional al elevului. Organizarea învățării în jurul acestora susține dezvoltarea abilităților de interacțiune cu cunoașterea și facilitează transferul conceptual. Totodată, analiza a evidențiat rolul dimensiunii sociale și comunicaționale a învățării, precum și al evaluării formative și al feedback-ului, în special prin IM, ca mecanisme de reglare a înțelegerii și a procesului de învățare.

6. Analiza a arătat că formarea CIPV în lecția de fizică nu poate fi realizată prin acumularea extensivă de conținuturi, ci presupune reconfigurarea demersului didactic în jurul dezvoltării integrate a cunoașterii, abilităților și atitudinilor. În acest sens, învățarea prin cercetare, operaționalizată prin ISMC, oferă un cadru de organizare a lecției care permite parcurgerea etapelor specifice cunoașterii științifice, de la formularea ipotezelor la interpretarea și comunicarea rezultatelor. Integrarea sistematică a ideilor științifice mari facilitează transformarea cunoașterii declarative în cunoaștere funcțională, cu rol structurant pentru competențele de învățare. Totodată, analiza a evidențiat redefinirea rolului profesorului ca mediator al învățării, prin ghidare, feedback formativ și stimularea reflecției asupra procesului de învățare, iar utilizarea întrebărilor conceptuale și a hărților conceptuale susține consolidarea limbajului științific și interacțiunea

activă cu simbolurile disciplinare. În acest mod, predarea fizicii este orientată spre formarea competențelor transferabile și reflexive care susțin învățarea pe tot parcursul vieții.

7. Am arătat că formarea CIPV în predarea fizicii nu poate fi susținută de utilizarea izolată a unor metode didactice, ci de integrarea acestora într-un cadru coerent, orientat spre activarea cognitivă și reflecția metacognitivă a elevilor. Am evidențiat că diversitatea strategiilor didactice, incluzând activitățile reflexive, problematizarea, autoevaluarea, utilizarea mediilor digitale și a scenariilor experimentale, creează premisele dezvoltării gândirii critice, autonomiei și autoreglării învățării, atunci când este articulată intențional în structura lecției. Reieșind din teoria PIV, am formulat un criteriu epistemic de selecție a strategiilor didactice, raportarea acestora la impactul asupra învățării, care permite diferențierea demersurilor cu potențial formativ ridicat de cele cu efect limitat. Am demonstrat că strategiile centrate pe feedback, metacogniție și activare cognitivă susțin în mod prioritar progresul elevilor, iar scenariile didactice construite pe modelul 5E oferă un cadru sistematic pentru cultivarea colaborării și a gândirii critice prin activități experimentale și proiecte tehnologice. În acest context, am formulat conceptul de Sinergie Didactică, care evidențiază valoarea integrării simultane a mai multor modele și strategii didactice într-un demers unitar. Această perspectivă confirmă că abordarea integrată a predării fizicii constituie un mecanism adaptabil și sustenabil pentru formarea competențelor de învățare, pregătind cadrul conceptual necesar pentru structurarea cunoașterii în jurul ideilor științifice mari.

8. Am arătat că eficiența strategiilor didactice integrate este condiționată de existența unui nucleu conceptual clar, capabil să structureze învățarea dincolo de succesiunea activităților, iar acest nucleu este reprezentat de ideile științifice mari. Am evidențiat că ISM funcționează ca verigi conceptuale indispensabile în predarea fizicii prin metoda cercetării, asigurând trecerea de la memorarea mecanică la învățarea prin înțelegere. Am formulat ISM ca obiective cognitive și unități de competență, capabile să organizeze lecția în jurul unui număr limitat de concepte fundamentale, de regulă trei sau patru per lecție, facilitând transferul de cunoaștere și construirea unui lanț conceptual coerent. În acest cadru, am demonstrat că învățarea prin înțelegere și formarea CIPV se interconectează structural, generând un proces educațional orientat spre gândire critică, rezolvarea de probleme și colaborare. Astfel, ISM devin elementul de stabilitate conceptuală care face posibilă valorificarea sinergiei strategiilor didactice și transformarea activităților de învățare într-un demers cognitiv coerent.

9. Am demonstrat empiric că nivelul de înțelegere conceptuală al elevilor este strâns asociat cu claritatea modului în care ideile științifice mari sunt introduse, consolidate și evaluate în procesul didactic. Analiza rezultatelor evaluărilor formative și sumative a evidențiat diferențe semnificative între nivelurile de înțelegere ale elevilor în funcție de natura ideilor științifice abordate, indicând

existența unor dificultăți conceptuale persistente în tranziția de la cunoașterea declarativă la aplicarea contextuală a conceptelor. Am arătat că, deși evaluarea sumativă confirmă consolidarea cunoștințelor declarative, persistă limite clare în aplicarea procedurilor și în reprezentarea vectorială, ceea ce indică o înțelegere conceptuală incomplet structurată. Compararea evaluărilor formative și sumative a pus însă în evidență o creștere semnificativă a nivelului de înțelegere conceptuală atunci când feedback-ul imediat este corelat explicit cu ideile științifice mari. În ansamblu, rezultatele confirmă faptul că definirea clară și vizibilă a ISM, susținută de evaluare formativă permanentă, constituie condiția de bază pentru progresul cognitiv autentic și pentru formarea CIPV, pregătind cadrul necesar pentru analiza structurării cunoașterii și a dimensiunilor sale cognitive, axiologice și metacognitive.

10. Am evidențiat că progresul elevilor la fizică este explicabil prin interacțiunea sistemică dintre dimensiunile teoretică, axiologică și metacognitivă ale cunoașterii și prin modul în care aceste dimensiuni sunt valorificate didactic de profesor, această interacțiune constituind un mecanism fundamental al învățării eficiente. Analiza nivelurilor cunoașterii științifice, prezentate în Tab. 2.10 și Fig. 2.10, a arătat că tranziția de la cunoașterea factuală la reflecția metacognitivă nu este un proces liniar, ci unul dependent de activarea succesivă a nivelurilor superioare ale înțelegerii. Am demonstrat că rolul profesorului în facilitarea acestui progres este unul operațional și explicit, acțiunile didactice corespunzătoare fiecărui nivel al cunoașterii fiind clar sintetizate în Tab. 2.11. În acest cadru, am confirmat că structurarea intenționată a cunoașterii nu reprezintă doar un demers teoretic, ci o condiție necesară pentru consolidarea înțelegerii conceptuale și pentru depășirea limitelor cunoașterii declarative, pregătind terenul pentru activarea dimensiunilor axiologice și metacognitive ale învățării.

11. Am demonstrat, pe baza datelor empirice, că dimensiunile axiologică și metacognitivă exercită o influență directă și semnificativă asupra performanțelor academice la fizică și asupra formării CIPV. Analiza dimensiunii axiologice, ilustrată în Fig. 2.11 și Tab. 2.12, a evidențiat rolul determinant al interesului, motivației și valorilor fundamentale în angajarea cognitivă a elevilor, fără de care activarea nivelurilor superioare ale cunoașterii rămâne limitată. Dimensiunea metacognitivă, analizată prin instrumente validate internațional și prezentată în Fig. 2.12 și Tab. 2.13, a confirmat rolul central al autoreglării și al transferului cunoștințelor, aceste mecanisme fiind reflectate consecvent în acțiunile profesorului sintetizate în Tab. 2.14. Analizele statistice realizate pe un eșantion de 110 elevi au evidențiat relații pozitive stabile între metacogniție, atitudine și succes academic, cu corelații moderate și puternice și cu modele de regresie care explică o proporție substanțială a variației performanțelor școlare. Aceste rezultate validează interdependența dimensiunilor axiologică și metacognitivă ca mecanism esențial al progresului

educațional și creează fundamentul empiric necesar pentru analiza eficienței intervențiilor didactice orientate spre formarea CIPV.

12. Am arătat că formarea CIPV în cadrul lecției de fizică este condiționată de integrarea coerentă a dimensiunilor teoretică, aplicativă și axiologică ale cunoașterii, aceste dimensiuni fiind operaționalizate didactic prin metoda IM, a cărei structură standardizată a secvenței de lecție este prezentată în Tabelul 3.1. Rezultatele statistice descriptive sintetizate în Tabelul 3.2 și ilustrate în Figura 3.1 au evidențiat un progres sistematic de la pre-test la post-test pentru toate dimensiunile investigate, manifestat prin creșteri ale metacogniției, ale atitudinii față de fizică și ale succesului academic, cu amplitudini diferențiate în funcție de gen. Aceste evoluții confirmă faptul că intervenția didactică produce efecte consistente asupra proceselor reflexive și axiologice ale învățării, chiar dacă dinamica acestora este graduală și dependentă de caracteristicile elevilor. Analiza distribuțiilor prezentată în Figura 3.2 a arătat caracterul non-Gaussian al datelor pentru toate dimensiunile analizate, confirmând variabilitatea reală a progresului și justificând interpretarea rezultatelor din perspectiva diferențelor individuale și contextuale, în deplină coerență cu concluziile privind rolul metacogniției și atitudinii.

13. Am demonstrat, prin analiza inferențială, că modificările observate între pre-test și post-test nu pot fi atribuite întâmplării, ci sunt asociate intervenției didactice implementate. Rezultatele testului T pentru eșantioane pereche, sintetizate în Tabelul 3.3, au evidențiat diferențe statistice semnificative pentru succesul academic și pentru dimensiunile metacognitive și axiologice, iar mărimea efectului, foarte mare pentru succesul academic și moderată pentru metacogniție și atitudine, indică un impact diferențiat al IM asupra componentelor CIPV, coerent cu natura acestora. Impactul metodei asupra competenței științifice este confirmat suplimentar de datele din Tabelul 3.4, care arată creșteri substanțiale în rezolvarea situațiilor-problemă și în utilizarea limbajului științific, demonstrând că progresul elevilor depășește nivelul scorurilor academice și se reflectă în dezvoltarea competențelor funcționale. În același timp, valorile coeficientului Cronbach α cuprinse între 0,70 și 0,90, prezentate în Tabelul 3.5, confirmă consistența internă a instrumentelor utilizate și susțin validitatea modelului de evaluare aplicat, creând astfel baza empirică necesară pentru integrarea IM într-un cadru pedagogic mai amplu de formare sistemică a competențelor de învățare.

14. Am elaborat modelul pedagogic de formare a CIPV, denumit modelul 4D, ca o sinteză integratoare a rezultatelor teoretice și empirice dezvoltate în cadrul tezei și ca răspuns la limitele abordărilor didactice fragmentare în predarea fizicii, conferindu-i un rol explicativ și organizator pentru demersurile didactice analizate. Am arătat că structura modelului se fundamentează pe articularea coerentă a patru axe esențiale, progresul cognitiv al elevului, metodologia didactică,

dezvoltarea competențelor de învățare și complexitatea disciplinară a conținuturilor de fizică, fiecare fiind necesară, dar insuficientă în absența celorlalte, fapt susținut de rezultatele privind metacogniția, atitudinea și succesul academic. Axa progresului cognitiv descrie trecerea de la cunoașterea factuală la înțelegerea conceptuală, sinteză și evaluare critică, explicând mecanismele progresului observat și susținând autonomia intelectuală și reflecția asupra propriei învățări. Axa metodologică a fost conceptualizată ca o sinergie de procedee, metode și strategii didactice cu eficiență demonstrată, aplicate într-o logică de complementaritate, rolul profesorului fiind acela de agent al selecției, articulării și reglării acestora. Axa dezvoltării competențelor de învățare a fost structurată ca un proces gradual de explorare, consolidare, adaptare și integrare a cunoașterii, permițând formarea competențelor transferabile și stabile în timp. Axa complexității disciplinare asigură ancorarea în specificul epistemic al fizicii și valorificarea progresivă a perspectivelor mono-, pluri-, inter- și trans-disciplinare, contribuind la depășirea fragmentării conținuturilor. Aplicarea modelului 4D în predarea temei Mișcarea rectilie a demonstrat fezabilitatea și consistența sa operațională, evidențiind modul în care structura conceptuală a fizicii poate susține învățarea prin înțelegere și formarea competențelor de învățare. În ansamblu, modelul 4D se conturează ca un cadru pedagogic integrator, susținut empiric, pentru formarea CIPV în predarea fizicii.

Recomandări

La nivelul Ministerului Educației și Cercetării

1. Se recomandă clarificarea și consolidarea statutului competențelor de învățare pe tot parcursul vieții ca finalitate transversală explicită a curriculumului de fizică, prin corelarea coerentă a documentelor curriculare naționale existente cu mecanismele didactice concrete de formare a CIPV la nivel de disciplină.
2. Se recomandă elaborarea unui cadru metodologic național pentru predarea fizicii orientată spre formarea CIPV, care să includă repere clare privind proiectarea lecției, rolul evaluării formative, utilizarea feedback-ului, activarea cognitivă și integrarea dimensiunilor metacognitive și axiologice în procesul de predare–învățare–evaluare.

La nivelul instituțiilor de cercetare

3. Se recomandă extinderea și diversificarea cercetărilor didactice privind formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în predarea fizicii, prin investigarea unor dimensiuni complementare celor analizate în prezenta teză, precum dinamica motivațională, autoreglarea pe termen lung, transferul interdisciplinar și sustenabilitatea competențelor formate.

La nivel de instituții de învățământ superior – formare inițială

4. Se recomandă integrarea formării competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în programele de formare inițială a profesorilor de fizică, prin dezvoltarea competențelor de proiectare didactică orientate spre învățarea prin înțelegere, metacogniție și transfer conceptual.

Instituții de învățământ superior – formare continuă

5. Se recomandă orientarea programelor de formare continuă a cadrelor didactice către dezvoltarea competenței de selecție și utilizare a strategiilor didactice cu eficiență demonstrată științific, astfel încât profesorii să poată construi demersuri didactice variate, integrate și adaptate formării CIPV.

La nivelul instituțiilor de învățământ (școli)

6. Se recomandă ca instituțiile de învățământ să adopte politici interne coerente de susținere a formării CIPV, care să asigure continuitatea și coerența dintre predare, învățare și evaluare, precum și susținerea instituțională a mecanismelor de feedback, reflecție și monitorizare a progresului elevilor.

7. Se recomandă utilizarea sistematică a datelor privind progresul elevilor pentru monitorizarea dezvoltării competențelor de învățare pe tot parcursul vieții, prin instrumente formative care să permită reglarea procesului didactic și adaptarea intervențiilor educaționale la nivel individual și de grup.

La nivelul comisiilor metodice

8. Se recomandă ca la nivelul comisiilor metodice să fie elaborat și utilizat un cadru comun de analiză a lecției și a procesului didactic, centrat pe criterii explicite de orientare spre formarea CIPV, în vederea identificării, validării și diseminării practicilor didactice eficiente.

9. Se recomandă valorificarea analizelor metodice pentru identificarea și diseminarea practicilor didactice care contribuie la dezvoltarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în cadrul lecțiilor de fizică.

La nivel de cadru didactic

10. Se recomandă ca profesorul de fizică să își fundamenteze demersul didactic pe principiul sinergiei didactice, prin suprapunerea funcțională a strategiilor de predare, evaluare și feedback, astfel încât activarea cognitivă, reflecția metacognitivă și formarea atitudinilor față de învățare să contribuie simultan la dezvoltarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții.

BIBLIOGRAFIE

1. ACHIRI, I. Curriculumul școlar la matematică: realizări și perspective. In: *Probleme actuale ale didacticii științelor reale: consacrată aniversării a 80-a a profesorului universitar Ilie Lupu*, 11-12 mai 2018, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Universitatea de Stat din Tiraspol, 2018, Ediția a II-a Vol.1, p. 6-10. ISBN 978-9975-76-238-0.
2. Agenția Națională pentru Curriculum și Evaluare. RAPORT Republica Moldova în Programul pentru Evaluarea Internațională a Elevilor. PISA 2022 https://ance.gov.md/sites/default/files/pisa_2022_raport_mda.pdf
3. ANAMEZIE, R. Utilization of Constructivist Instructional Method in Teaching Physics in Secondary Schools: Interaction Effects of Method and Location. In: *World Journal of Innovative Research* (WJIR). August 2018, 5(2), pp. 11-15. ISSN: 2454-8236, August 2018.
4. BANDA, H. J., NZABAHIMANA, J. Effect of Integrating Physics Education Technology Simulations on Students' Conceptual Understanding in Physics: A Review of Literature. In: *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 2021, 17, 023108 . <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.023108>
5. BEANE, J. A. Curriculum Integration and The Disciplines of Knowledge. In: *Service Learning, General*. 1995, 44. <https://digitalcommons.unomaha.edu/slceslgen/44>
6. BERGMANN, J., SAMS, A. Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day. In: *International Society for Technology in Education*. 2012. <https://doi.org/10.1002/jaal.172>
7. BICULESCU, F. T. Modelul conceptual al referențialului axiologic al elevilor. In: *Studia Universitatis Moldaviae (Științe ale Educației)*. 2023, nr. 5(165), pp. 202–207. [https://doi.org/10.59295/sum5\(165\)2023_33](https://doi.org/10.59295/sum5(165)2023_33)
8. BIGOZZI, L., TARCHI, C., FALSINI, P., FIORENTINI, C. „Slow Science”: Building Scientific Concepts in Physics in High School. In: *International Journal of Science Education*. 2014. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.919425>
9. BIGOZZI, L., TARCHI, C., FIORENTINI, C., FALSINI, P., STEFANELLI, F. The Influence of Teaching Approach on Students' Conceptual Learning in Physics. In: *Frontiers in Psychology*. 2018, vol. 9, 2474. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02474>
10. BÎRNAZ, N. Prioritățile tehnicilor interactive în procesul de formare a competențelor la elevi . In: *Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe ale Educației)*. 2010, nr. 9(39), p. 23-29. ISSN 1857-2103.

11. BLACK, P., WILLIAM, D. Assessment and classroom learning. In: *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*. 1998. 5(1), 7–74. <https://doi.org/10.1080/0969595980050102>
12. BOCANCEA V. et al. 2020. *Curriculum național: clasele 6-9: Curriculum disciplinar: Ghid de implementare*, – Chișinău: Ed. Lyceum, 2020. ISBN 978-9975-3437-5-6.
13. BOCANCEA, V. Asigurarea continuității în formarea competenței de investigare la studiul științelor în învățământul primar și gimnazial. In: *Cercetarea pedagogică: exigențe contemporane și perspective de dezvoltare*, 3–4 noiembrie 2023, Chișinău: CEP UPS „I. Creangă”, 2023, ediția 1, pp. 190–194. https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/201656
14. BOLOGNA, V., LEBAN, S. P., LONGO, F., PERESSI, M., SORZIO, P. Implementing the use of Energy Bar Charts in the framework of an Early Physics Approach. In: *Journal of Physics: Conference Series*. 2023. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2490/1/012009>
15. BONACCI, E. On Teaching Quantum Physics at High School. In: *Athens Journal of Education*. July 2020, Volume 7, Issue 3, pp 313-330. <https://doi.org/10.30958/aje.7-3-5>
16. BOTGROS, I., BOCANCEA, V., DONICI, V., et al. *Fizică: Manual pentru clasa a 7-a*, Ed. Cartier, Ed. a 5-a, actualizată și compl. Chișinău, 2020.
17. BOTGROS, I., FRANȚUZAN, L. Competența profesională a cadrului didactic – condiție decisivă în implementarea curriculumului școlar. In: *Univers Pedagogic*. 2010, nr. 4, p. 38-43. ISSN 1811-5470.
18. BOTGROS, I., FRANȚUZAN, L. Semnificația competenței de cunoaștere științifică în cadrul procesului educațional al disciplinelor școlare: fizică, biologie, chimie. In: *Univers Pedagogic*. 2017, nr. 3(55), pp. 7-11. ISSN 1811-5470
19. BOTGROS, I., FRANȚUZAN, L., BOCANCEA, V. Componentele paradigmei formării competenței de cunoaștere științifică în învățământul preuniversitar. In: *Acta et Commentationes (Științe ale Educației)*. 2013, nr. 1(2), pp. 40–48. https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/50874
20. BOTGROS, I., FRANȚUZAN, L., BOCANCEA, V., DONICI, V., GODOROJA, R., VELIȘCO, N., ȚÂMPĂU, V. Probleme generale ale formării și dezvoltării competențelor școlare în domeniul științelor reale. In: *Univers Pedagogic*. 2011, nr. 1, p. 29-36. ISSN 1811-5470.
21. BOWE, B. Implementing physics education research to inform and enhance pedagogical approaches. In: *New Directions in the Teaching of Physical Sciences*. 2007. <https://doi.org/10.29311/NDTPS.V0I3.412>
22. BRAFMAN, A. Memorizing vs Understanding. In: *Psychoanalytic Psychotherapy*. 2003, 17, pp 119-137. <http://dx.doi.org/10.1080/1474973031000105285>

23. BRANSFORD, J. D., BROWN, A. L., COCKING, R. R. *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Washington, DC: National Academy Press, 2000.
<https://nap.nationalacademies.org/read/10067/chapter/7>
24. BRANSFORD, J. D., SCHWARTZ, D. L. Rethinking transfer: A simple proposal with multiple implications. In: *Review of Research in Education*. 1999, vol. 24, pp. 61–100.
https://aaalab.stanford.edu/assets/papers/earlier/Rethinking_transfer_a_simple_proposal_with_multiple_implications.pdf
25. BRAßLER, M., SCHULTZE, M. Students' Innovation in Education for Sustainable Development—A Longitudinal Study on Interdisciplinary vs. Monodisciplinary Learning. In: *Sustainability*. 2021. <https://doi.org/10.3390/SU13031322>
26. BROOKES, D. T., EKTINA, E., PLANINSIC, G. Implementing an epistemologically authentic approach to student-centered inquiry learning. In: *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 2020, 16(2), 020148. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020148>
27. BUCUN, N., et al. *Referențialul de evaluare a competențelor specifice formate elevilor.*, Ministerul Educației al Republicii Moldova, Acad. de Științe a Moldovei, Inst. de Științe ale Educației. – Chișinău : S. n. 2014 (F.E.-P. „Tipografia Centrală”), p. 244-252. ISBN 978-9975-53-333-1.
28. BULAT-GUZUN, A. *Evaluarea competențelor lingvistice prin TIC în studiul universitar al limbii franceze* (Teză de doctorat). Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, 2020. <http://www.cnaa.md/thesis/56636/>
29. BYBEE, R. W. *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. NSTA Press. 2013. ISBN 978-1-936959-25-9
30. BYBEE, R. W. *The teaching of science: 21st century perspectives*. Natl Science Teachers Assn Press, Arlington, 2010. ISBN-10 : 1936137054
31. BYBEE, R. W., et al., *The BSCS 5E instructional Model: Origins and Effectiveness*. A Report Prepared for the Office of Science Education National Institutes of Health, 2006.
https://bscs.org/wp-content/uploads/2022/01/bscs_5e_full_report-1.pdf
32. CALALB, M. Assumption of Cognitive Goals in Science Learning. In: *Science and technology education: Developing a global perspective*. Proceedings of the 4th International Baltic Symposium on Science and Technology Education (BalticSTE2021), 2021, pp. 32-38. Scientia Socialis Press. <https://doi.org/10.33225/BalticSTE/2021.32>
33. CALALB, M. Determinants of lifelong learning competencies development in the science classroom. In: *Science Education International*. 2025, vol. 36, nr. 4, pp. 405–416.
<https://doi.org/10.33828/sei.v36.i4.4>

34. CALALB, M. Learning by being or assumption of cognitive goals. In: *Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe ale Educației)*. 2020, 5(135), pp. 49-54. ISSN 1857-2103. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3967033>
35. CALALB, M. The Constructivist Principle of Learning by Being in Physics Teaching. In: *Athens Journal of Education*. 2023, vol. 10, pp. 139-152. ISSN 2241-7958. <https://doi.org/10.30958/aje.10-1-8>
36. CALALB, M., Correlation Between Visible Teaching and Inquiry – Based Learning. In: *Proceedings of the World Conference on Teaching and Education*. Budapest, Hungary October 18 – 20, 2019, p. 81 -88, ISBN 978-609-485-001-1. <https://www.dpublication.com/wp-content/uploads/2019/10/55-CTE.pdf>
37. CALALB, M., Pedagogia învățării prin investigație și impactul ei asupra deprinderilor de cercetare științifică și învățare pe tot parcursul vieții. In: *Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe ale Educației)*. 2017, 5(105), pp. 32-39. ISSN 1857-2103.
38. CALALB, M., Repere în aplicarea principiilor didacticii constructiviste la lecția de fizică în gimnaziu. In: *Materialele Conferinței Republicane a Cadrelor Didactice Didactica științelor exacte*. Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Tipografia Universității de Stat din Tiraspol, 27-28 februarie 2021, Vol. 1, pp. 194-198. ISBN 978-9975-76-324-0 https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/123859
39. CALALB, M., Structurarea proiectelor didactice conform conceptului învățării științelor prin metoda investigației. In: *Materialele Conferinței Republicane a Cadrelor Didactice Didactica științelor exacte*. Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Universitatea de Stat din Tiraspol, 28-29 februarie 2020, Vol. 1, pp. 261-266. ISBN 978-9975-76-305-9. https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/96677
40. CALALB, M., The Impact of Inquiry Based Science Education on the Formation of Lifelong Learning Skills. In: *Future of Education*, Ed. Libreria Universitaria, Italy, 2018, p. 655-661, ISBN 978-88-3359-020-2, ISSN 2384-9509.
41. CALALB, M., ZELENSCHI, I. The Effects of Constructivist Physics Lessons and Laboratories on Students' Academic Success, *Acta Didactica Napocensia*, 2024. Volume 17, Number 2, pp. 99-111. https://adn.reviste.ubbcluj.ro/papers/article_17_2_8.pdf
42. CALALB, M.; **DABIJA, V.** Analiza comparată a curriculumului și a manualelor de fizică pentru clasa a VII-a din România, Rusia și Republica Moldova din punctul de vedere al susținerii conceptului de competențe de învățare pe tot parcursul vieții. In: *Acta et Commentationes (Științe ale Educației)*, 2024, nr. 3(37), pp. 38-45. ISSN 1857-0623. (Categorie B) <https://doi.org/10.36120/2587-3636.v37i3.38-45>

43. CALALB, M.; **DABIJA, V.** Assessment of Lifelong Learning Skills Formed in the 6th Grade Physics Course / Evaluarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții formate în cadrul cursului de fizică din clasa a VI-a. In: *Abordări inter/transdisciplinare în predarea științelor reale (concept STEAM)*. Chișinău. Chișinău: Tipografia UST, 28-29 octombrie 2022, ediția a 2-a pp. 383-387. ISBN 978-9975-76-411-7. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/383-387_7.pdf
44. CALALB, M.; **DABIJA, V.** Conceptul ideilor științifice mari și aplicarea lui la formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții. In: *Știință și Educație: noi abordări și perspective*, 24-25 martie 2023, Chișinău: CEP UPSC, vol. 3, pp. 338-346. ISBN 978-9975-46-773-5. <https://doi.org/10.46727/c.v3.24-25-03-2023.p338-345>
45. CALALB, M.; **DABIJA, V.** Correlation Between Metacognition, Attitude and Academic Success in 7th Grade Physics Course. In: *Multidisciplinary Perspectives on Science Teaching and Learning*, conferință științifică online, 25 aprilie 2024, p. 190. <https://doi.org/10.46727/c.25-04-2024.p190-202>
46. CALALB, M.; **DABIJA, V.** Enhancing Science Competence: Evaluating the Effects of Peer Instruction and Conceptual Questions on Theoretical, Axiological, and Applied Knowledge in Physics Education. In: *Educația* 21. 2024, Nr. 29, România. <https://doi.org/10.24193/ed21.2024.29.05>
47. CALALB, M.; **DABIJA, V.** Formarea competențelor cheie în cadrul predării capitolului interacțiuni prin câmpuri. In: *Conferința republicană a cadrelor didactice „Didactica științelor exacte”*. Chișinău: Tipografia Universității de Stat din Tiraspol, 26-27 februarie 2022, vol. 1, pp. 206-213. ISBN 978-9975-76-382-0. https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/155247
48. CALALB, M.; **DABIJA, V.** Strategii constructiviste de formare a competențelor de învățare pe tot parcursul vieții. In: *Studia Universitatis Moldaviae*. 2024, Nr. 9(169), (Categorie B) [https://doi.org/10.59295/sum9\(169\)2024_17](https://doi.org/10.59295/sum9(169)2024_17)
49. CALALB, M.; **DABIJA, V.** Structural Knowledge Gains in Physics through Conceptual Questions and Peer Instruction. In: *Acta Didactica Napocensia*. 2025, Vol. 18, Nr. 2, Cluj-Napoca, România. <https://doi.org/10.24193/adn.18.2.13>
50. CALALB, M.; **DABIJA, V.** The Effects of Conceptual Questions on the Structure of Scientific Competence in 7th Grade Physics. In: *Acta et Commentationes, Sciences of Education*. 2026, Vol. 43, Nr. 1, p. 20. (Categorie C) <https://doi.org/10.36120/2587-3636.v43i1.-37>
51. CALALB, M.; **DABIJA, V.**; ZELENSCHI, I. Integrating Black Holes and Gravitational Waves into School Physics. In: *Învățare activă pentru dezvoltare durabilă*. 15 noiembrie 2024,

- Chișinău: CEP UPS „I. Creangă”, pp. 34-44. ISBN 978-9975-46-989-0.
<https://doi.org/10.46727/c.15-11-2024.p34-44>
52. CĂLIN M. *Teoria și metateoria acțiunii educative*, București: Aramis, 2003. ISBN: 973-85940-3-0.
53. CALLO, T. Actualitatea funcțională a dezideratului a învăța de plăcere. In: *Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe ale Educației)*. 2016, nr. 5(95), pp. 18–23.
https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/47043
54. CANDY P. *Self-direction for lifelong learning: A comprehensive guide to theory and practice*. Jossey-Bass, 1991. ISBN-1-55542-303-5
55. CAO, W., YU, Z. Exploring learning outcomes, communication, anxiety, and motivation in learning communities: A systematic review. In: *Humanities and Social Sciences Communications*. 2023, 10, 866. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-02325-2>
56. CATANĂ, L., MIHĂILESCU, A., Experiențe de învățare ale elevilor prin intermediul proiectelor eTwinning (Learning Experiences of the Students in eTwinning Projects). In: *Revista de Pedagogie – Journal of Pedagogy*. 2022, LXX, pp. 29-44.
<https://doi.org/10.26755/RevPed/2022.2/29>
57. CERGHIT I. *Metode de învățământ ediția a IV-a revăzută și adăugită*, Editura POLIROM, București, 2006, ISBN: 973-46-0175-X <https://anyflip.com/xkwda/kdpg/basic/301-319>
58. CIASCAI, L. *Model ciclic de predare-învățare bazat pe investigație*. Universitatea Babeș-Bolyai, Ed. Presa Universitară Clujeană. 2016, 58p. ISBN 978-606-37-0109-2.
59. CIASCAI, L., *De la Didactică la Didactica științelor: Studii și cercetări*. Universitatea Babeș-Bolyai, Presa Universitară Clujeană, 2018, ISBN 978-606-37-0330-0.
60. COBERN, W. The Lifelong Learning of Science. In: *International Journal on Lifelong Education and Leadership*. 2015, vol. 1, nr. 1.
https://www.researchgate.net/publication/321256598_The_Lifelong_Learning_of_Science
61. Codul Educației al Republicii Moldova, Legea nr. 152 din 17.07.2014. In: *Monitorul Oficial al Republicii Moldova*. 2014, nr. 319-324, art 634.
https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=110112&lang=ro
62. COLMAN, A. M. *Dictionary of Psychology*. Oxford: Oxford University Press, 2015. 162 p. ISBN 978-0-19-965768-1.
https://scholar.google.com/scholar?q=A.+M.+Colman,+Dictionary+of+Psychology.,+Oxford:+Oxford+University+Press,+2014.+pdf&hl=ro&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar
63. COROLEAC, O. *Just STEM*. E-Twinning <https://twinspace.etwinning.net/139544/home>

64. CRĂCIUN, D., OPRESCU, M., OPRESCU, F. Pre-Service Teacher Training of Romanian Students in English and Physics from an Inter-, Pluri-, Transdisciplinary Perspective. In: *Journal of Educational Sciences and Psychology*. 2013, vol. III (LXV), nr. 2, pp. 01–12. <https://www.researchgate.net/publication/268221438>
65. CRISTEA S. Competențele cheie pentru educația permanentă. Implicații interdisciplinare In: *Didactica Pro*. 2011, vol. 3, nr. 67, paginile 54-56. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/54_56_Competentele-cheie%20pentru%20educatia%20permanenta.pdf
66. CROUCH, C. H., MAZUR, E. Peer instruction: Ten years of experience and results. In: *American Journal of Physics*. 2001, vol. 69, nr. 9, pp. 970–977. <https://doi.org/10.1119/1.1374249>
67. CROUCH, C. H., WATKINS, J., FAGEN, A. P. & MAZUR, E. Peer Instruction: Engaging Students One-on-One, All at Once. In: *Research-Based Reform of University Physics*. Harvard University, 2007, vol. I. <https://doi.org/10.1119/RevPERv1.1.3>
68. CUCOȘ, C. *Pedagogie*. 2002, Ediția a II-a revăzută și adăugită, p. 202, Iași: POLIROM. ISBN: 973-681-063-1
69. **DABIJA, V.** Four-Dimensional Pedagogical Model for the Development of Lifelong Learning Skills and its Application in the Study of Linear Motion. In: *Învățare activă pentru dezvoltare durabilă*, 15 noiembrie 2024, Chișinău: CEP UPS „I. Creangă”, pp. 130-140. ISBN 978-9975-46-989-0. <https://doi.org/10.46727/c.15-11-2024.p130-140>
70. **DABIJA, V.** Redefining Physics in the Era of Competences: The Pillar of Developing Lifelong Learning Competences. In: *Perspective interdisciplinare asupra cunoașterii*. 8 mai 2026, Chișinău: CEP UPSC, pp. 137-138.
71. **DABIJA, V.** The Impact of Applying the Concepts of Big Scientific Ideas and Conceptual Questions in Teaching Electrokinetics in Lower Secondary Education. In: *Perspective interdisciplinare asupra predării și învățării științelor*, 11 aprilie 2025, Chișinău: CEP UPSC, pp. 137-153. ISBN 978-9975-48-271-4. <https://doi.org/10.46727/c.11-04-2025.p137-153>
72. DE COCK, M. Representation Use and Strategy Choice in Physics Problem Solving. In: *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*. 2012, 8, pp. 117, <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.8.020117>
73. DELORS, J. *Comoara lăuntrică. Raportul către UNESCO al Comisiei Internaționale pentru Educație în secolul XXI*, Polirom, Iași, 2000. P. 240. ISBN 973-683-549-9.
74. DELORY, C. *La compétence: un concept clé pour l'éducation et la formation*. Bruxelles: De Boeck Université, 2002. 176 p. ISBN 2-8041-3906-7.

75. DINESCU, L., MIRON, C., BARNA, E. S. New Trends: Promotion of Didactic Methods That Favour The Increase of Students' Interest and Motivation for Studying Physics. In: *Romanian Reports in Physics*. 2011, vol. 63, nr. 2, pp. 557–566. https://rrp.nipne.ro/2011_63_2/art21Dinescu.pdf
76. DMOSHINSKAIA, N., GIJLERS, H., TON DE JONG, Giving Feedback on Peers' Concept Maps in an Inquiry Learning Context: The Effect of Providing Assessment Criteria. In: *Journal of Science Education and Technology*. 2021, 30, p. 420–430, <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09884-y>
77. DOCKTOR, J. L. Physics education research at primarily undergraduate institutions. In: *Proceedings of 2024 Physics Education Research Conference (PERC)*. 2024, pp. 10–14. <https://doi.org/10.1119/perc.2024.plenary.docktor>
78. DOCKTOR, J. L., STRAND, N. E., MESTRE, J. P., ROSS, B. H. Conceptual problem solving in high school physics. In: *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*. 2015, vol. 11, nr. 2, 020106. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.11.020106>
79. DORRÍO, B. V., BLANCO-GARCÍA, J., COSTA, M. F. M. Hands-On Physics Experiments for Classroom. In: *8th International Conference on Hands-on Science: Focus on Multimedia*, Ljubljana, Slovenia, 2011.
80. DOS SANTOS, C. A. M., PEREIRA, M. A. C., DE SOUZA, M. A., DIAS, J. P. M., OLIVEIRA, F. S. Different Teaching Approaches and Use of Active Learning Strategies as Tools for Inter- and Transdisciplinary Education. In: *International Journal of Social Science Studies*. 2020, vol. 8, nr. 2, pp. 15–23. <https://doi.org/10.11114/ijsss.v8i2.4693>
81. DOUNAS-FRAZER, D. R., REINHOLZ, D. L. Attending to Lifelong Learning Skills Through Guided Reflection in a Physics Class. University of Colorado Boulder, USA, 2015. <https://arxiv.org/pdf/1503.01788>
82. DREW, R., KELLY, A. M. Mixed Methods Study of Student Participation and Self-Efficacy in Remote Asynchronous Undergraduate Physics Laboratories: Contributors, Lurkers, and Outsiders. In: *International Journal of STEM Education*. 2023, vol. 10, 34. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00428-5>
83. DYKSTRA, D. I., SWEET, D. R. Conceptual development about motion and force in elementary and middle school students. In: *American Journal of Physics*. 2009, vol. 77, nr. 5, pp. 468–476. <https://doi.org/10.1119/1.3090824>
84. ETF – European Training Foundation. In: *Student Learning Strategies and Self-Regulation in Montenegro*. 2020. <https://www.etf.europa.eu>

85. ETKINA, E., BROOKES, D. T., PLANINSIC, G. The Investigative Science Learning Environment (ISLE) Approach to Learning Physics In: *J. Phys.: Conf. Ser.* 2021. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012001>
86. FALCONER, I., WELLER, M. Lifelong Learning in the Digital Age (Focus Group Report). In: *Proceedings of the 2008 European Conference on e-Learning*. 2008, vol. 1, p. 145-152.
87. FAURE, E., HERRERA F., KADDOURA A.-R., LOPES H., et al. Learning to Be: The world of education today and tomorrow. In: *The Report of the International Commission on the Development of Education*. UNESCO, Paris, 1972, ISBN: 978-92-3-101017-0 <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000223222>
88. FRANȚUZAN, L., ȘEREMET, I. S. Competența a învăța să înveți și educația STEM/STEAM: aspecte conceptuale. In: *Instruire prin cercetare pentru o societate prosperă*, 16–17 mai 2024, Chișinău: CEP UPSC, 2024, ediția 11, vol. 2, pp. 50–55. https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/206737
89. FREEMAN, S., EDDY, S., MCDONOUGH, M., SMITH, M., OKOROAFOR, N., JORDT, H., WENDEROTH, M. Active Learning Increases Student Performance in Science, Engineering, and Mathematics. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2014, 111. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>.
90. FREYBERG, P., OSBORNE, R. Assumptions about Teaching and Learning. In: *Learning in science: The implications of children's science*. Portsmouth, NH: Heinemann Press, 1985.
91. GARABET, M., MIRON, C. Conceptual Map – Didactic Method of Constructivist Type During the Physics Lessons. Elsevier. In: *Procedia Social and Behavioral Sciences*. 2010, 2, pp. 3622–3631.
92. GARBUZ V. *Domeniul științe în Republica Moldova prin prisma rezultatelor PISA: evaluarea performanțelor vs perspectivele dezvoltării*. Fundația Soros Moldova. – Chișinău: 2020, Tipogr. „Lexon-Prim”. ISBN 978-9975-3483-3-1. https://soros.md/wp-content/uploads/2020/12/Garbuz_compressed.pdf
93. GARCÍA-CARMONA, A. Scientific Thinking and Critical Thinking. In: *Science Education. Science & Education*, 2023. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00460-5>
94. GARCIA-GARCIA F. J. et al. Content Validation of the ‘Learning to Learn’ Competence in Undergraduate Studies. In: *Revista de Investigacion Educativa*. July 2022. <https://doi.org/10.6018/rie.466271>
95. GAVRILUȚ, M.-L. *Dezvoltarea abilității de scriere creativă la elevii treptei primare de învățământ* (Teză de doctorat). Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, 2024. <https://www.anacec.md/files/Gavrilit-teza.pdf>

96. GHEORGHE, E.-C. *Formarea competenței metacognitive a elevilor din ciclul primar prin comunicare didactică* (Teză de doctorat). Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, 2024. <https://www.anacec.md/files/Gheorghe-teza.pdf>
97. GHERGHIȘAN, M., MORARI, N. Formarea competenței metacognitive a elevilor prin activități de cercetare științifică. In: *Univers Pedagogic*. 2020, nr. 3(67), pp. 20-25. ISSN 1811-5470. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4061482>
98. GHICOV, A. Formarea și evaluarea competențelor lingvistice și literare: note definitorii. In: *Revista Didactica Pro*, revistă de teorie și practică educațională. 2012, nr. 5-6(75-76), pp. 19-22. ISSN 1810-6455.
99. GIL-PÉREZ, D., GUIASOLA, J., MORENO, A., et al. Defending Constructivism in Science Education. In: *Science & Education*. 2002, vol. 11, pp. 557–571. <https://doi.org/10.1023/A:1019639319987>
100. GILLET, P. *Construire la formation*. Editeur: ESF 1997, p. 153. ISBN 2-7101-0898-4. https://books.google.md/books/about/Construire_la_formation.html?id=BQ_xPAAACAAJ&redir_esc=y
101. GJERDE, V., HAGANE, S. Enhancing peer instruction in physics: Understanding cognitive processes and refining rules. In: *Physical Review Physics Education Research*. 2024, vol. 20, nr. 1, 010134. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.20.010134>
102. GNITETSKAYA, T. Graph Model of Intradisciplinary Connections in Example of General Physics Course. In: *Journal of Physics: Conference Series*. 2015, vol. 633, 012091. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/633/1/012091/pdf>
103. GOK, T. Peer instruction in the physics classroom: effects on gender difference performance, conceptual learning, and problem solving. In: *Journal of Baltic Science Education*. 2014, vol. 13, nr. 6, pp. 776–788. <https://doi.org/10.33225/JBSE/14.13.776>
104. GRĂDINARI, O. *Metodologia formării și dezvoltării competenței informaționale a elevilor școlilor profesionale prin activități curriculare și extracurriculare* (Teză de doctorat). Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, 2022. <http://www.cnaa.md/thesis/58792/>
105. GREMALSCHI, A. *Formarea competențelor-cheie în învățământul general: provocări și constrângeri* Studiu de politici educaționale, Inst. de Politici Publice. – Chișinău: «Lexon-Prim», 2015. ISBN 978-9975-9609-8-4.
106. GUIASOLA, J. *Research-Based Alternatives to Traditional Physics Teaching at University and College* (pp. 127–131). Springer, Cham. 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96163-7_7

107. GUȚU, V. Competența – abordare situațională, structurală și metodologică. In: *Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe ale Educației)*. 2018, nr. 5(115), p. 3-12. ISSN 1857-2103. https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/66573
108. GUȚU, V. Curriculum centrat pe competențe: orientări de optimizare/dezvoltare continuă. In: *Revista Didactica Pro...*, revistă de teorie și practică educațională. 2014, nr. 3(85), p. 6-10. ISSN 1810-6455.
109. GUȚU, V. Educație. Educația formală, nonformală și informală: delimitări și puncte de tangență. In: *Univers Pedagogic*. 2020, nr. 2 (66). https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/UP_2%2866%29_p14-20.pdf
110. GUȚU, V. et al. *Cadrul de referință al curriculumului național*. Min. Educației, Culturii și Cercet. al Rep. Moldova. – Chișinău : Lyceum, 2017 (F.E.-P. “Tipografia Centrală”). 104 p. tab. ISBN 978-9975-3157-7-7. https://mecc.gov.md/sites/default/files/cadrul_de_referinta_final_rom_tipar.pdf
111. GUȚU, V. Învățământul centrat pe competențe: abordare teleologică. In: *Revista Didactica Pro...*, revistă de teorie și practică educațională. 2011, nr. 1(65), p. 2-7. ISSN 1810-6455.
112. HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, C., HOPF, M. Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 2020, 16(2), p. 020152. <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020152>
113. HADÎRCĂ, M. Competențele miza instruirii și evaluării autentice. In: *Revista Didactica Pro*, revistă de teorie și practică educațională. 2008, nr. 4-5(51), p. 35-38. ISSN 1810-6455.
114. HADÎRCĂ, M. Competențele-cheie și problema integrării învățării. In: *Învățarea școlară în contextul provocărilor societale*, 23 iunie 2023, Chișinău, 2023, pp. 35–44. https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/197112
115. HADÎRCĂ, M., IAROVoi, R. Formarea de competențe – o direcție de dezvoltare a educației contemporane. In: *Studia Universitatis Moldaviae*, Seria Științe ale Educației. 2022, nr.5(155). ISSN 1857-2103. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6617065>
116. HAERUDDIN, PRASETYO, Z. K., SUPAHAR. The Development of a Metacognition Instrument for College Students to Solve Physics Problems. *International Journal of Instruction*. 2020, 13(1), 767-782. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13149a>
117. HAHN, L., KLEIN, P. The Impact of Multiple Representations on Students' Understanding of Vector Field Concepts: Implementation of Simulations and Sketching Activities Into Lecture-Based Recitations In Undergraduate Physics. In: *Frontiers in Psychology*. 2023. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1012787>

118. HARLEN, W. et al. *Principles and big ideas of science education*. Association for Science Education College Lane, Hatfield, Herts. AL10 9AA, 2010. ISBN 978-0- 86357-4-313 https://books.google.md/books?hl=en&lr=&id=Kd2m6i80hq8C&oi=fnd&pg=PP1&dq=Harlen+W+2010&ots=7shlBJ5z1w&sig=KD7bBw-dBB5RQkhP3lvtBWS9F5w&redir_esc=y#v=onepage&q=Harlen%20W%202010&f=false
119. HATTIE, J. A. C. *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*, 1st Edition, Routledge, (2009).
120. HATTIE, J., *Hattie Ranking: 252 Influences and Effect Sizes Related to Student Achievement.*, 2018. <https://visible-learning.org/hattie-ranking-influences-effect-sizes-learning-achievement/#comment-12517>
121. HELLGREN, J., FICK, S. Motivating Students with Authentic Science Experiences: Changes in Motivation for School Science. In: *Research in Science & Technological Education*. 2017, 35, pp. 1-18. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1322572>
122. HENNESSEY, M. G. Students' Ideas about Their Conceptualization: Their Elicitation through Instruction. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Atlanta, GA, April 1993. <https://typeset.io/pdf/students-ideas-about-their-conceptualization-their-3z6208uzd7.pdf>
123. HESTENES, D., WELLS, M., SWACKHAMER, G. Force Concept Inventory. In: *The Physics Teacher*. 1992, vol. 30, nr. 3, pp. 141–158. <https://doi.org/10.1119/1.2343497>
124. HODOSYOVÁ, M., ÚTLA, J., VANYOVÁ, M., VNUKOVÁ, P., LAPITKOVÁ, V. The Development of Science Process Skills in Physics Education. In: *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2015, vol. 186, pp. 982–989. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.184>
125. IOFCIU, F., MIRON, C., ANTOHE, S. A Constructivist Approach of Advanced Physics Concepts: Using a Cognitive Map for the Study of Magnetoresistive Materials. In: *Procedia Social and Behavioral Sciences*. 2011, 15, pp. 461–465.
126. IONESCU, M. *Instrucție și educație*. Ediția a IV-a, Cluj-Napoca: Editura Eikon, p. 57, 2011.
127. JACOB, K. A., Physics Learning and the Application of Multiple Intelligences. In: *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*. 2018, 5(9): pp. 381-391.
128. JENSEN, J. L., HOLT, E. A., SOWARDS, J. B., OGDEN, T. H., WEST, R. E., Investigating Strategies for Pre-Class Content Learning in a Flipped Classroom. In: *Journal of Science Education and Technology*. 2018, 27, pp. 523–535, <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9740-6>
129. JEONG, S., RAGUE, J., LITSON, K., FELDON, D. F., LAWLER, M. J., PLUMMER, K. Effects of decision-based learning on student performance in introductory physics: The mediating

- roles of cognitive load and self-testing. In: *Education and Information Technologies*. 2025, vol. 30, pp. 4413–4433. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12962-y>
130. JOHNSTONE, A. H. Chemical Education Research: Where from here. *University Chemistry*. 2000, 4(1), 34-38. <https://www.researchgate.net/publication/268172949>
131. JONNAERT, P., ETTAYEBI, M., DEFISE J.-P. *Curriculum și competențe: un cadru operațional*. Cluj-Napoca: ASCRED- Editura ASCR. 2010, p. 67. ISBN 978-973-7973-98-6.
132. JURGENA, I., CĒDERE, D., KEVIŠA, I. The Prospects of Transdisciplinary Approach to Promote Learners' Cognitive Interest in Natural Science for Sustainable Development. In: *Journal of Teacher Education for Sustainability*. 2018, vol. 20, nr. 1, pp. 5–19. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1218197.pdf>
133. KAHN, S. B., REY, B. La notion de compétence: une approche épistémologique. In: *Éducation et francophonie*. 2017, 44(2), pp. 4–18. <https://doi.org/10.7202/1039019ar>
134. KARAMUSTAFAOGLU, O., Active Learning Strategies in Physics Teaching. In: *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*. 2009, 1(1), pp. 27-50.
135. KATZ, S., DACK, L. A. *Intentional interruption: Breaking down learning barriers to transform professional practice*. Corwin Press, 2012, ISBN: 9781412998796 <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/42MvKPX7/>
136. KAZAKOVA, E. L., MOSHKINA, E. V., SERGEEVA, O. V., TIKHOMIROVA, E. V. Analysis of Students' Motivation Formation to Study Physics in Modern Conditions. In: *Otkrytoe obrazovanie*. 2022, 26(4), 19–29. <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2022-4-19-29>
137. KIND, P., OSBORNE, J. Styles of scientific reasoning: A cultural rationale for science education? In: *Science Education*. 2017, 101(1), 8–31. <https://doi.org/10.1002/sce.21251>
138. KIRSCHNER, P. A., SWELLER, J., CLARK, R. E. Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. In: *Educational Psychologist*. 2006, vol. 41, nr. 2, pp. 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
139. KOCK, Z. D. Q. P. Toward Physics Education in Agreement with the Nature of Science: Grade 9 Electricity as a case. 2016. <https://research.tue.nl/en/publications/cfe1546b-457a-4985-9b64-08f06829e03c>
140. KORFF, J. V., ARCHIBEQUE, B., GOMEZ, K. A., HECKENDORF, T., MCKAGAN, S. B., SAYRE, E. C., SCHENK, E. W., SHEPHERD, C., SORELL, L. Secondary analysis of teaching methods in introductory physics: A 50 k-student study. In: *American Journal of Physics*. 2016. <https://doi.org/10.1119/1.4964354>

141. KORSUN, I. The Use of Interdisciplinary Approach for the Formation of Learners' Situational Interest in Physics. In: Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching. 2017, vol. 18, nr. 2, art. 5, p. 1. https://www.eduhk.hk/apfslt/download/v18_issue2_files/korsun.pdf
142. KUBOVA-SEMAKA, J. An Integral Approach to the Meaning of Competence. In: *Scientific Research in Education*. 2020, Vol. 3. <https://doi.org/10.15388/SRE.2020.11>
143. KWASEK, A., KOCOT, M., KANDEFER, K., FIKS, A., KACZKOWSKA-SERAFINSKA, M. Students' Expectations Regarding the Educational Offer in Light of Personal Research. In: *European Research Studies Journal*. 2023, Volume XXVI, Issue 3, pp. 351-362. <https://doi.org/10.35808/ersj/3218>
144. LAN, B. L., LIM, P. M., HO, P. W. C. A modified peer instruction protocol: Peer vs. teacher's instruction. In: *The Physics Teacher*. 2023, vol. 61, nr. 4, pp. 290–291. <https://doi.org/10.1119/5.0071188>
145. LAVERY, L. *Self-regulated learning for academic success: an evaluation of instructional techniques*. PhD thesis. The University of Auckland. 2010.
146. LE, B., GWENDOLYN A. LAWRIE, G. A., WANG, J. T. H., Student Self-perception on Digital Literacy in STEM Blended Learning Environments. In: *Journal of Science Education and Technology*. 2022, 31, pp. 303–321, <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09956-1>
147. Le BOTERF, G. *Ingénierie et évaluation des compétences, 6e édition*. Paris: EYROLLES Éditions d'Organisation, 2011. 61 p. ISBN : 978-2-212-54777-1.
148. LEBEDEV, S. Levels of Organization of Scientific Knowledge. In: *Advances in Social Science. Education and Humanities Research*. CESSSES 2018, Vol. 283, pp. 361–365. <https://doi.org/10.2991/cesses-18.2018.186>
149. Legea învățământului nr. 547 din 21.07.1995. In: Monitorul Oficial al Republicii Moldova, 1995, vol. 62-63, 09.11.1995, art. 692, art. 5.
150. LEPLAT, J., MONTMOLLIN, M. *Le competences en ergonomie*. Editions Ocrare. 2001, 105 p. ISBN : 2-906769-78-9. <https://www.octares.com/travail-et-activite-humaine/27-les-competences-en-ergonomie.html>
151. LESENCIUC, A. *Teorii ale comunicării*. Brașov: Editura Academiei Forțelor Aeriene „Henri Coandă”, 2017. 305 p. ISBN 978-606-8356-46-4 316. Disponibil: https://www.afahc.ro/ro/facultate/cursuri/2017_teorii_ale_comunicarii.pdf
152. LETINA A. Development of Students' Learning to Learn Competence in Primary Science. In: *Educ. Sci.* . 2020, 10(11), 325, <http://dx.doi.org/10.3390/educsci10110325>

153. LINNENBRINK-GARCIA, L., PATALL, E. A., PEKRUN, R. Adaptive motivation and emotion in education: research and principles for instructional design. In: *Policy Insights Behav Brain Sci*. 2016, 3, 228–236. <http://dx.doi.org/10.1177/2372732216644450>
154. LIU, Z., PAN, S., BAO, L. Effectiveness of conceptual-framework-based instruction on promoting knowledge integration in learning simple electric circuit. In: *Physical Review Physics Education Research*. 2024, 20(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.20.020113>
155. MA, C., LU, J. Research on the Application Strategies of Teaching Methods in Physics Teaching. In: *International Journal of New Developments in Education*. 2023, vol. 5, nr. 9, pp. 11–19. <https://doi.org/10.25236/ijnde.2023.050903>
156. MANOLEA, D. Extensions Interdisciplinary Physics. In: *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy*. 2014, vol. 26, pp. 77–83. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/ILCPA.26.77>
157. MANOLESCU, M. Pedagogia competențelor – o viziune integratoare asupra educației. In: *Revista de pedagogie*. 2010, Vol. nr.58, nr. 3, p. 203. ISSN: 0034-8678.
158. MANTEGNA, R. N. Profile and challenges of interdisciplinary physics. In: *Frontiers in Physics*. 2024, vol. 12, 1379753. <https://doi.org/10.3389/fphy.2024.1379753>
159. MARIES, A., BRUNDAGE, M. J., SINGH, C. Using the Conceptual Survey of Electricity and Magnetism to Investigate Progression in Student Understanding from Introductory to Advanced Levels. In: *Physical Review Physics Education Research*. 2022, vol. 18, 020114. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.020114>
160. MARIN, M. Comunități educaționale în contextul digitalizării accelerate. In: *Educația în fața noilor provocări*, 5–6 noiembrie 2021. Universitatea de Stat din Tiraspol, 2021, vol. 1, pp. 13–22. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/146718
161. MARZANO, R. J., KENDALL, J. S. *The New Taxonomy of Educational Objectives*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press, 2007. <https://archive.org/details/newtaxonomyofedu0000marz>
162. MATTHEWS, M. R. *The Scientific Background to Modern Philosophy* (2nd ed.). Hackett Publishing. 1998. ISBN 978-1-64792-086-9.
163. MAZUR, E., SOMERS, M. D., Peer Instruction: A User’s Manual. In: *American Journal of Physics*, 1 April 1999; 67(4): pp. 359–360. <https://doi.org/10.1119/1.19265>
164. MAZUR, E., WATKINS, J. *Just-in-Time Teaching and Peer Instruction*. 2009. https://mazur.harvard.edu/files/mazur/files/rep_634.pdf
165. MCDERMOTT, L. C., REDISH, E. Resource Letter: PER1: Physics Education Research. In: *American Journal of Physics*. 1999, vol. 67, nr. 9, pp. 755–767. <https://doi.org/10.1119/1.19122>

166. McINERNY, A., BOUDREAUX, A., KRYJEVSKAIA, M. Incorporating explicit discussions on the duality of reasoning into physics instruction. In: Physical Review Physics Education Research. 2025, vol. 21, nr. 1, 010135. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.21.010135>
167. MERCER, N., DAWES, L., WEGERIF, R., SAMS, C. Reasoning as a scientist: Ways of helping children to use language to learn science. In: British Educational Research Journal. 2004, vol. 30, nr. 3, pp. 359–377. <https://doi.org/10.1080/01411920410001689689>
168. MICHELSEN, C. Expanding the Domain – Variables and Functions in an Interdisciplinary Context Between Mathematics and Physics. In: Proceedings of the 1st International Symposium of Mathematics and its Connections to the Arts and Sciences. Schwäbisch Gmünd, Germany: The University of Education, 2005, pp. 201–214. <https://www.researchgate.net/profile/Claus-Michelsen-2/publication/251901560>
169. MIDRIGAN, T. *Fundamente ale educației centrate pe subiect în formarea competenței textuale a elevilor de vârstă școlară mică* (Teză de doctorat). Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, 2024. <https://www.anacec.md/files/Midrigan-teza.pdf>
170. MILLER, K., CALLAGHAN, K., MCCARTY, L. S., DESLAURIERS, L. Increasing the Effectiveness of Active Learning Using Deliberate Practice: A homework transformation. In: Physical Review Physics Education Research. 2021, vol. 17, nr. 1, 010129. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.010129>
171. Ministerul Educației, Culturii și Cercetării, *Standardele de competență pentru educația științifică*. 2017. https://mecc.gov.md/sites/default/files/standarde_de_competente.pdf
172. Ministerul Educației Naționale. *Programa școlară pentru disciplina fizică. Clasele a VI-a – a VIII-a*. 2017, București.
173. MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA. Concepția disciplinei școlare Fizică. Astronomie. Chișinău, 2026. <https://drive.google.com/file/d/1IR8-8kuyAIHtXKSnOhS4-6CjOHafZTDi/view>
174. MÜGE, A., HACIOĞLU, Y. Teaching the Sound Concept: A Review of Science and Physics Education Postgraduate Theses in Turkey. In: *Athens Journal of Education*. May 2022, Volume 9, Issue 2, pp. 257-278, <https://doi.org/10.30958/aje.9-2-5>
175. MUHAMAD, D., N., MAT NOOR, M. S. A., KAMARUDIN, M. Z., SYED ABDUL AZZIZ, S. S.. The impacts of open inquiry on students’ learning in science: A systematic literature review. In: *Educational Research Review*. 2024, 43. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100601>

176. MULLIS, I. V. S., MARTIN, M. O., FOY, P., HOOPER, M. *TIMSS 2015 International Results in Mathematics*. TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College, 2016, ISBN: 978-1-889938-29-5
177. NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES. *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press. 2012. <https://doi.org/10.17226/13165> , ISBN: 978-0-309-21445-2 <https://nap.nationalacademies.org/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-education-practices-crosscutting-concepts>
178. NICOLESCU, B. Transdisciplinarity – Past, Present and Future. In: II Congresso Mundial de Transdisciplinaridade, 6–12 setembro 2005, Vila Velha/Vitória, Brasil, 2005. <https://www.tercercongresomundialtransdisciplinariadad.mx/wp-content/uploads/2019/08/Transdisciplinarity-past-present-and-future.pdf>
179. NOVAK, J. D., CAÑAS, A. J. The theory underlying concept maps and how to construct and use them. Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 2008-01. Institute for Human and Machine Cognition, 2008. <https://cmap.ihmc.us/docs/theory-of-concept-maps>
180. OCDE. *Future of Education and Skills 2030: OECD Learning Compass 2030*. OCDE Publishing, Paris 2019. <https://www.oecd.org/education/2030-project/>
181. OCDE. *PISA 2021 Framework: Science, Reading, Mathematics and Financial Literacy*. OCDE Publishing, Paris, 2021.
182. OCDE. *PISA results 2018 (Volume I): What students know and can do*. OCDE Publishing, Paris, 2019, <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
183. OCDE. *Rezultatele PISA 2022 (Volume I and II) - Country Notes: Moldova*. PISA, Editura OCDE, 2023, <https://doi.org/10.1787/a97db61c-en>
184. OCDE. *The Definition and Selection of Key Competencies*. OCDE Publishing, Paris 2005, Available on www.OECD.org/edu/statistics/deseco
185. OCDE. The knowledge-based economy. In: *GENERAL DISTRIBUTION OCDE/GD(96)102* OECD Publishing, Paris 1996, [https://one.oecd.org/document/OCDE/GD\(96\)102/en/pdf](https://one.oecd.org/document/OCDE/GD(96)102/en/pdf)
186. OREHOVSCHI, S. Dezvoltarea competenței elevului de a învăța să învețe prin activități integratoare independente de valorizare a textului. Teză de doctor în științe ale educației. Chișinău: Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă”, 2023. <https://dir.upsc.md/handle/123456789/5693>
187. OSBORNE, J. Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. In: *Science*. 2010, vol. 328, nr. 5977, pp. 463–466. <https://doi.org/10.1126/science.1183944>

188. OSBORNE, J., SIMON, S., COLLINS, S. Attitudes towards science: A review of the literature. In: *International Journal of Science Education*. 2003, 25(9), pp.1049–1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
189. PĂGÎNU V., BOTGROS I., GORDIENCO A. *Standarde de eficiență a învățării*. – Ch. : Lyceum, (F.E.-P. “Tipogr. Centrală”). 2012, p.92-98, ISBN 978-9975-4394-5-9.
190. PÂSLARU, V. Competența educațională – valoare, obiectiv și finalitate. In: *Didactica Pro* 2011, nr. 2(66), p. 4-8. ISSN 1810-6455. https://ibn.idsi.md/en/vizualizare_articol/54346
191. PERRENOUD, P. *Construire des compétences dès l'école*. Collection Pratiques et enjeux pédagogiques dirigée par Michel Develay, ESF éditeur , p. 7-9, 1997. ISBN 978-2-7101-2866-3, ISSN 1275-0212.
192. POLANIN, J. R., AUSTIN, M., TAYLOR, J. A., STEINGUT, R. R., RODGERS, M. A., RYAN WILLIAMS, R. Effects of the 5E Instructional Model: A Systematic Review and Meta-Analysis. In: *AERA Open*. 2024, 10(9), pp. 1-16, <https://doi.org/10.1177/23328584241269866>
193. POPOVICI, I. *Dezvoltarea competenței de comunicare digitală prin utilizarea tehnologiilor cloud* (Teză de doctorat). Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, 2024. <https://www.anacec.md/files/Popovici-teza.pdf>
194. POTVIN, P., HASNI, A. Analysis of the Decline in Interest Towards School Science and Technology from Grades 5 Through 11. In: *J. Sci. Educ. Technol.* 2014, 23, pp.784–802, <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9512-x>
195. POTVIN, P., HASNI, A. Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: A systematic review. In: *Studies in Science Education*. 2014, 50(1), 85–129. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>
196. PRINCE, M., FELDER, R. Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases. In: *Journal of Engineering Education*. 2006, 95, pp. 123-137. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x>
197. RADIL, A. I., GOEGAN L. D., DANIELS L. M. Teachers’ authentic strategies to support student motivation. In: *Frontiers in Education*. 2023, 8. <https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/feduc.2023.1040996>, <http://dx.doi.org/10.3389/feduc.2023.1040996>
198. RAIČEVIĆ S., ŠČEKIĆ D., VUČUROVIĆ V., JAĆIMOVIĆ Ž. *Key Competences For Lifelong Learning*, ETF project no. WP06-53-01 2006, https://www.etf.europa.eu/sites/default/files/m/C12578310056925BC125741A0050FAF8_NOT_E7D6KAQ.pdf

199. *Recomandarea Consiliului Uniunii Europene din 22 mai 2018 privind competențele cheie pentru învățarea pe tot parcursul vieții (2018/C 189/01)*, Luxemburg: Oficiul pentru Publicații al Uniunii Europene, 2018. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604(01)&from=EN)
200. *Recommendation of the european parliament and of the council of 18 December 2006 on Key Competences for Lifelong Learning (2006/962/EC)*, Official Journal of the European Union, L.394.10, 30.12.2006. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006H0962&from=EN>
201. REDISH, E. F. *A Theoretical Framework for Physics Education Research: Modeling Student Thinking*. Department of Physics, University of Maryland. 2004. https://www.researchgate.net/publication/2171813_A_Theoretical_Framework_for_Physics_Education_Research_Modeling_Student_Thinking
202. REIF, F. Applying cognitive science to education: thinking and learning in scientific and other complex domains. 2008. <https://pdfs.semanticscholar.org/8a6a/abd0c71ce9f11d4575f4208a8541d4f71663.pdf>
203. RODRIGUEZ, M., POTVIN, G., Frequent Small Group Interactions Improve Student Learning Gains in Physics: Results from a Nationally Representative Pre-Post Study of Four-Year Colleges. In: *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*. 2021, 17, p. 020131 DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.020131>
204. RUGGIERI, C. Students' use and perception of textbooks and online resources in introductory physics. In: *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 2020, 16(2). <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020123>
205. RYAN, R. M., DECI, E. L. Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. In: *Contemporary Educational Psychology*. 2000, 25(1), 54–67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
206. SALEHI, S., BURKHOLDER, E., LEPAGE, G. P., POLLOCK, S., WIEMAN, C. Demographic Gaps or Preparation Gaps?: The large impact of incoming preparation on performance of students in introductory physics. In: *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 2019, 15(2), 020114. <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.020114>
207. SAVAGE, D. L. *The impact of constructivist learning environments on motivation, engagement, and achievement in ninth grade academies: A comparative case study analysis*. PhD thesis, Delaware State University, 2023. <https://eric.ed.gov/?q=Dara+Laws+Savage&id=ED639799>

208. SCALLON, G. L'évaluation des apprentissages dans une approche par compétences., 2 e édition. In: *Montréal: Renouveau pédagogique* . 2004, p.104. ISSN 1705-0065. <https://doi.org/10.7202/016293ar>
209. SCANLON, E., ZAMARRIPA ROMAN, B., IBADLIT, E., CHINI, J. J. A method for analyzing instructors' purposeful modifications to research-based instructional strategies. In: *International Journal of STEM Education*. 2019, 6(1), pp. 1–18. <https://doi.org/10.1186/S40594-019-0167-2>
210. SCHWARTZ, M. S. Cognitive Development and Learning: Analyzing the Building of Skills in Classrooms. In: *Mind, Brain, and Education*. 2009. <https://doi.org/10.1111/J.1751-228X.2009.01070.X>
211. SCLIFOS L. Formarea/ dezvoltarea competenței de a învăța să înveți. In: *Revista Didactica Pro...*, revistă de teorie și practică educațională. 2010, nr. 3(61), pp. 46-48. ISSN 1810-6455.
212. SCOTT, P., MORTIMER, E., AGUIAR, O. The tension between authoritative and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. In: *Science Education*. 2006, vol. 90, nr. 4, pp. 605–631. <https://doi.org/10.1002/sce.20131>
213. SILISTRARU, N., GOLUBIȚCHI, S. Cultura profesională a cadrului didactic. In: *Acta et Commentationes. Sciences of Education*. 2019, Vol. 3 No 2. <https://doi.org/10.36120/2587-3636.v3i2.162-169>
214. SIRAIT, J., HAMDANI, MURSYID, S. Students' Understanding of Forces: Force Diagrams on Horizontal and Inclined Plane. In: *Journal of Physics: Conference Series*. 2018, vol. 997, 012030. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/997/1/012030/pdf>
215. SLAVINEC, M., ABERŠEK, B., GAČEVIĆ, D., FLOGIE, A. Monodisciplinarity in Science Versus Transdisciplinarity in Stem Education. In: *Journal of Baltic Science Education*. 2019, vol. 18, nr. 3, pp. 435–449. <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.435>
216. ȘOITU, L. *Pedagogia comunicării*. Iași: Institutul European, 2002. 279 p. ISBN: 973-611-199-7. https://ia600800.us.archive.org/8/items/soitu-laurentiu-pedagogia-comunicarii_202408/Soitu%2C%20Laurentiu%20-%20Pedagogia%20comunicarii.pdf
217. SOKOLOWSKI, A. Modeling as an Environment Nurturing Knowledge Transfer. In: *Understanding Physics Using Mathematical Reasoning*. 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80205-9_3
218. SPEIRS, J. C., LEUTERITZ, R., LE, T. K., DENG, R., ELL, S. W. Investigating the Efficacy of Attending to Reflexive Cognitive Processes in the Context of Newton's Second Law.

- In: *Physical Review Physics Education Research*. 2023, vol. 19, 010108.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.010108>
219. STEFANOU, C. R., PERENCEVICH, K. C., DICINTIO, M., TURNER, J. C. Supporting Autonomy in the Classroom: Ways Teachers Encourage Student Decision Making and Ownership. In: *Educational Psychologist*. 2004, 39(2), pp. 97–110.
https://doi.org/10.1207/s15326985ep3902_2
220. STEWART, J., ZABRISKIE, C., DEVORE, S., STEWART, G. Multidimensional Item Response Theory and the Force Concept Inventory. In: *Physical Review Physics Education Research*. 2018, 14(1).
221. STOICA, V., DOBRESCU, C., MĂCEȘANU, F., BĂRARU, I. Fizică. Clasa a VII-a. Art Klett, 2019.
222. SUNDSTROM, M.; CARDETTI, F. Exploring the introductory physics classroom through the lens of intellectual humility: Handling what you do not know, In: *Phys. Rev. Physics Education Research*. 2021, 17. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.020135>
223. SUSAC, A., PLANINIC, M., BUBIC, A., JELICIC, K., PALMOVIC, M. Effect of Representation Format on Conceptual Question Performance. In: *Physical Review Physics Education Research*. 2023, vol. 19, 020114.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020114>
224. TAASOOBISHIRAZI, G., BAILEY, M., FARLEY, J. Physics metacognition inventory part II: confirmatory factor analysis and rasch analysis. In: *International Journal of Science Education*. 2015, 37(17), pp. 2769-2786. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2015.1104425>
225. TAASOOBISHIRAZI, G., FARLEY, J. Construct validation of the physics metacognition inventory. In: *International Journal of Science Education*. 2013, 35(3), pp. 447-459.
<http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2012.750433>
226. TASQUIER, G., KNAIN, E., JORNET, A. Scientific Literacies for Change Making: Equipping the Young to Tackle Current Societal Challenges. In: *Frontiers in Education*. 2022, vol. 7, 689329. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.689329>
227. ȚÎBULEAC, A. *Dezvoltarea planului-cadru de învățământ din perspectiva formării competențelor-cheie* (Teză de doctorat). Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău, 2023. <https://anacec.md/files/Tibuleac-teza.pdf>
228. TONG, D., WU, H., REN, H., WANG, Z., PAN, S., BAO, L. Promoting knowledge integration in work and mechanical energy through conceptual framework and cooperative learning instruction. In: *Physical Review Physics Education Research*. 2025, vol. 21, nr. 1, 010163.
<https://doi.org/10.1103/lj4w-wsqb>

229. TRAMONTI, M., TRAMONTI, L., DOCHSHANOV, M. A. Multidisciplinary Strategies in Education. In: *The Future of Education*, Firenze, Italia, June 2019. <https://www.researchgate.net/publication/336677231>
230. TRIKOILIS, D. ICT Implementation to Improve Rural Students' Achievement in Physics, In: *European Journal of Physics Education*. 2021, 12(2), pp. 22-33.
231. TRNINIC, D. Instruction, repetition, discovery: Restoring the historical educational role of practice. In: *Instructional Science*. 2018, vol. 46, nr. 1, pp. 1–21. <https://doi.org/10.1007/s11251-017-9443-z>
232. TULLIS, J. G., GOLDSTONE, R. L. Why does peer instruction benefit student learning? In: *Cognitive Research: Principles and Implications*. 2020, vol. 5, art. 15. <https://doi.org/10.1186/s41235-020-00218-5>
233. TURNER, W. A., ELLIS, G. W., BEICHNER, R. J. A Comparison of Student Misconceptions in Rotational and Rectilinear Motion. Engineering: Faculty Publications. Northampton, MA: Smith College, 2014. https://scholarworks.smith.edu/egr_facpubs/84
234. UHDEN, O., KARAM, R., PIETROCOLA, M., POSPIECH, G. Modelling Mathematical Reasoning in Physics Education. In: *Science & Education*. 2011, 21(4). <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9396-6>
235. ULU, Y., YERDELEN-DAMAR S. Metacognition and epistemic cognition in physics are related to physics identity through the mediation of physics self-efficacy. In: *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 2024, 20. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.20.010130>
236. UNESCO. Education 2030: Incheon Declaration and Framework for Action for the implementation of Sustainable Development Goal 4: Ensure inclusive and equitable quality education and promote lifelong learning opportunities for all, In: *World Education Forum*, Incheon, 2015.
237. UNESCO. *Learning for All: Towards Universal Education*. UNESCO, Paris, 2012.
238. UNESCO. Reimagining our futures together: A new social contract for education. In: *Report from the international commission on the futures of education*. Paris, 2021. <https://doi.org/10.54675/ASRB4722> ISBN: 978-92-3-100478-0
239. UNESCO. *United Nations Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014): International Implementation Scheme*, UNESCO Education Sector, Paris, 2005. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000148654>
240. VĂIDEANU G. *Educația la frontiera dintre milenii*. București: Editura Politică, 1988. 326 p. ISBN/COD:693562IP13D1918ED.

241. VOICE, A., STIRTON, A. Spaced Repetition: Towards More Effective Learning in STEM. In: *New Directions in the Teaching of Physical Sciences*. 2020, vol. 15, nr. 1. <https://doi.org/10.29311/ndtps.v0i15.3376>
242. WALSH, C., LEWANDOWSKI, H. J., HOLMES, N. G. Skills-Focused Lab Instruction Improves Critical Thinking Skills and Experimentation Views for All Students. In: *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 2022, 18, 1. <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.010128>
243. WANG, H-S., CHEN, S., YEN, M-H. Effects of Metacognitive Scaffolding on Students' Performance and Confidence Judgments in Simulation-Based Inquiry. In: *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 2021, 17. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.020108>
244. WIGGINS, G., MCTIGHE, J. *Understanding by Design*. Expanded 2nd ed. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development, 2005.
245. XIE, L., LIU, Q., LU, H., WANG, Q., HAN, J., FENG, XM., BAO, L. Student Knowledge Integration in Learning Mechanical Wave Propagation. In: *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*, 2021, 17. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.020122>
246. XU, W., LIU, Q., KOENIG, K., FRITCHMAN, J., HAN, J., BAO, L. Assessment of knowledge integration in student learning of momentum. In: *Physical Review Physics Education Research*. 2020, vol. 16, nr. 1, 010130. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010130>
247. ZEYER, A., DILLON, J. Science|Environment|Health: Towards a reconceptualization of science education. In: *Cultural Studies of Science Education*. 2012, 14(2), pp. 353–365. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.647111>
248. ZHANG, L., LIU, X., FENG, H. Development and validation of an instrument for assessing scientific literacy from junior to senior high school. In: *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*. 2023, 5. <https://doi.org/10.1186/s43031-023-00093-2>
249. ZHOU, G. G. Disadvantages of Traditional Physics Teaching and a New Way to Teach Problem Solving for Conceptual Understanding. In: *ASEJ*. 2004, Vol. 36, No. 2. <https://www.researchgate.net/publication/365715204>
250. ZOLLMAN, D. Context and Transfer: How Physics Education Research Informs Teaching and Learning. In: *Teaching-Learning Contemporary Physics*. 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78720-2_9
251. ZU, T., MUNSELL, J., REBELLO, N. S. Comparing Retrieval-Based Practice and Peer Instruction in Physics Learning. In: *Physical Review Physics Education Research*. 2019, vol. 15, nr. 1, 010105. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010105>
252. БОКАНЧА, В., РОГОЖНИКОВА, О. Развитие исследовательских компетенций путем привлечения учащихся к исследовательской деятельности. In: *Materialele Conferinței*

Republicane a Cadrelor Didactice: Didactica științelor exacte, 27-28 februarie 2021, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: Tipografia Universității de Stat din Tiraspol, 2021, Vol. 5, pp. 265-270. ISBN 978-9975-76-324-0.

253. ЗЕЕР, Э.Ф. Саморегулируемое учение как психолого-дидактическая технология формирования компетенции у обучаемых: начальное профессиональное образование. В: *Психологическая наука и образование*, vol. №3, с.5-11, 2004. ISSN: 1814-2052 / 2311-7273.

254. СЕРИКОВ, В. В., *Личностно ориентированное образование: Поиск новой парадигмы*, Изд.: Москва, р. 56, 1998.

255. ХУТОРСКОЙ, А. *Развитие одарённости школьников, Методика продуктивного обучения. Пособие для учителя*. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2000. 320 с. ISBN 5-691-00577-4.

256. ШАТАЛОВ, В. Ф., *Куда и как исчезли тройки. Из опыта работы школ г. Донецка*, М.: Педагогика - 136 с., 1979.

ANEXE

Anexa 1. Competențe-cheie pentru învățarea pe tot parcursul vieții. Cadrul european de referință

RECOMANDAREA CONSILIULUI

din 22 mai 2018

privind competențele-cheie pentru învățarea pe tot parcursul vieții
(Text cu relevanță pentru SEE)
(2018/C 189/01)

Cadrul de referință stabilește opt competențe-cheie:

- competențe de alfabetizare;
- competențe multilingvistice;
- competențe în domeniul științei, tehnologiei, ingineriei și matematicii;
- competențe digitale;
- competențe personale, sociale și de a învăța să înveți;
- competențe cetățenești;
- competențe antreprenoriale;
- competențe de sensibilizare și expresie culturală.

Sursa: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018H0604(01))

Anexa 2. Competențele – cheie pentru o viață de succes și o societate funcțională conform OCDE

Conform cadrului (DeSeCo – OECD), competențele cheie sunt transversale, interdependente, includ atât componente cognitive, cât și non-cognitive (valori, atitudini, motivație) și sunt organizate în 3 mari categorii, fiecare cu subcomponente specifice:

Categoria de competențe 1: Utilizarea interactivă a instrumentelor

Se referă la capacitatea de a folosi eficient instrumente culturale, simbolice și tehnologice: utilizarea limbajului, simbolurilor și textelor în mod interactiv utilizarea cunoașterii și informației în mod interactiv utilizarea tehnologiilor în mod interactiv.

- Competența 1-a: capacitatea de a utiliza interactiv limbajul, simbolurile și textul
- Competența 1-b: capacitatea de a utiliza interactiv cunoștințele și informațiile
- Competența 1-c: capacitatea de a utiliza interactiv tehnologia.

Categoria de competențe 2: Interacțiunea în grupuri eterogene

Vizează relaționarea eficientă cu ceilalți în contexte diverse: relaționarea cu ceilalți cooperarea și lucrul în echipă gestionarea și rezolvarea conflictelor.

- Competența 2-a: capacitatea de a relaționa bine cu ceilalți
- Competența 2-b: capacitatea de a coopera
- Competența 2-c: capacitatea de a gestiona și rezolva conflictele.

Categoria de competențe 3: Acțiunea autonomă

Se referă la capacitatea individului de a-și construi și orienta propria viață: acționarea în cadrul unor contexte largi (înțelegerea sistemelor sociale, economice etc.) formularea și realizarea planurilor de viață și a proiectelor personale afirmarea drepturilor, intereselor, limitelor și nevoilor proprii.

- Competența 3-a: capacitatea de a acționa având în vedere perspectiva de ansamblu
- Competența 3-b: capacitatea de a forma și de a conduce planuri de viață și proiecte personale
- Competența 3-c: capacitatea de a afirma drepturi, interese, limite și nevoi.

Sursa: [https://one.oecd.org/document/EDU/EDPC/ECEC/RD\(2010\)26/en/pdf](https://one.oecd.org/document/EDU/EDPC/ECEC/RD(2010)26/en/pdf)
https://www.deseco.ch/Key_Competencies_for_a_successful_life.pdf

Anexa 3. Competențele – cheie conform Codului educației al Republicii Moldova din 2014. Modificat la 06-03-2026

Articolul 11. Finalitățile educaționale

(1) Educația are ca finalitate principală formarea unui caracter integru și dezvoltarea unui sistem de competențe care include cunoștințe, abilități, atitudini și valori ce permit participarea activă a individului la viața socială și economică.

(2) Educația urmărește formarea următoarelor competențe-cheie:

- a) competențe de comunicare în limba română;
- b) competențe de comunicare în limba maternă;
- c) competențe de comunicare în limbi străine;
- d) competențe în matematică, științe și tehnologie;
- e) competențe digitale;
- f) competența de a învăța să înveți;
- g) competențe sociale și civice;
- h) competențe antreprenoriale și spirit de inițiativă;
- i) competențe de exprimare culturală și de conștientizare a valorilor culturale.

Sursa: https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=15141&lang=ro#

Anexa 4 Componentele alfabetizării științifice conform OCDE

PISA 2022 Results (Volume I) THE STATE OF LEARNING AND EQUITY IN EDUCATION

1. Explicarea fenomenelor științifice sau capacitatea de a utiliza cunoștințe științifice pentru a explica fenomene naturale și tehnologice.
2. Evaluarea și proiectarea investigației științifice sau capacitatea de a evalua și de a construi demersuri de investigare științifică.
3. Interpretarea datelor și dovezilor științifice sau capacitatea de a analiza și interpreta date, dovezi și argumente în mod științific.

Sursa: https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i_53f23881-en.html

Anexa 5. Standarde de competență, MECC2010. Aria curriculară Matematică și Științe. Disciplina de studiu Fizică

**Lista standardelor de competențe
la disciplina: FIZICA**

Competențele de bază ale disciplinei:

1. Competența de achiziții intelectuale.
2. Competența de investigație științifică.
3. Competența de comunicare științifică.
4. Competența de achiziții pragmatice.
5. Competența de protecție a mediului ambiant.

Standardele de competență pentru treapta gimnazială de învățământ

Standardul 1. Dobândirea independentă a cunoștințelor științifice fundamentale la fizică (noțiuni, reguli, legi, metode).

Standardul 2. Explicarea unor fenomene, procese din natură și proprietăți fizice ale substanțelor în baza cunoștințelor și capacităților intelectuale achiziționate (compararea, clasificarea, ordonarea, analiza, sinteza, generalizarea).

Standardul 3. Realizarea unor măsurări și observări științifice specifice fizicii.

Standardul 4. Proiectarea și efectuarea experimentelor fizice.

Standardul 5. Prezentarea rezultatelor investigațiilor realizate în limbaj variat (verbal, tabele, grafic, schematic etc.).

Standardul 6. Identificarea relației cauză-efect la descrierea fenomenelor și proceselor fizice.

Standardul 7. Utilizarea terminologiei științifice la explicarea fenomenelor și proceselor din natură și din viața cotidiană.

Standardul 8. Expunerea liberă a informației științifice (oral și în scris).

Standardul 9. Pregătirea și prezentarea unor comunicări/proiecte științifice, referitoare la unele fenomene din natură și probleme din practică.

Standardul 10. Argumentarea propriilor viziuni și respectarea tuturor opiniilor în procesul comunicărilor pe diverse probleme specifice fizicii.

Standardul 11. Soluționarea unor probleme concrete din viața cotidiană în baza achizițiilor științifice dobândite, în limita standardelor de conținut.

Standardul 12. Utilizarea tehnologiilor informaționale și comunicaționale la căutarea, prelucrarea și prezentarea informației științifice din domeniul fizicii.

Standardul 13. Manifestarea abilităților de colaborare la realizarea unor activități practice, specifice fizicii.

Standardul 14. Asigurarea securității personale în realizarea unor activități privind montarea unor scheme electrice.

Standardul 15. Depistarea și valorificarea unor probleme de mediu și a surselor de poluare din localitate ca consecințe ale utilizării tehnicii moderne.

Standardul 16. Demonstrarea unui comportament responsabil de protecție și de soluționare a unor probleme de mediu din localitatea sa.

Standardele de competență pentru treapta liceală de învățământ

Standardul 1. Dobândirea independentă a cunoștințelor științifice fundamentale la fizică (noțiuni, reguli, principii, postulate, legi, teorii, metode).

Standardul 2. Demonstrarea unui raționament axat pe principiile științifice de cunoaștere specifice fizicii.

Standardul 3. Explicarea fenomenelor, proceselor și proprietăților fizice ale substanțelor în baza cunoștințelor și sistemului de capacități intelectuale (compararea, clasificarea, analiza, sinteza, generalizarea, analogia, idealizarea, abstractizarea etc.) achiziționate în limita standardelor de conținut.

Standardul 4. Proiectarea și efectuarea unor observații și experimente științifice specifice fizicii.

Standardul 5. Prelucrarea rezultatelor investigațiilor realizate în limbaj variat (verbal, tabelă, grafic, schematic etc.).

Standardul 6. Formularea ipotezelor, concluziilor și elaborarea unor modele în rezultatul investigațiilor realizate la fizică.

Standardul 7. Utilizarea terminologiei științifice specifice fizicii în diverse situații.

Standardul 8. Expunerea liberă și coerentă a informației științifice (oral și în scris) la rezumarea textelor din domeniul fizicii.

Standardul 9. Pregătirea și prezentarea unor comunicări/proiecte științifice referitoare la fenomene din natură și tehnici moderne.

Standardul 10. Argumentarea propriilor viziuni și respectarea tuturor opiniilor în procesul comunicărilor pe diverse probleme din domeniul fizicii.

Standardul 11. Soluționarea unor probleme concrete ce țin de procese tehnologice și din viața cotidiană în baza achizițiilor științifice dobândite în studiul fizicii.

Standardul 12. Utilizarea tehnologiilor informaționale și comunicaționale la căutarea, prelucrarea și prezentarea informației științifice din domeniul fizicii.

Standardul 13. Manifestarea abilităților de colaborare la realizarea unor activități practice și antreprenoriale, utilizând cunoștințele din fizică.

Standardul 14. Asigurarea securității personale și colective în realizarea unor activități practice la montarea unor scheme electrice etc.

Standardul 15. Identificarea și valorificarea unor probleme de mediu din diferite locuri de pe Terra și a surselor de poluare, cauzate de dezvoltarea tehnicii moderne.

Standardul 16. Demonstrarea unui comportament responsabil de protecție și soluționare a unor probleme de mediu din localitatea sa.

Sursa: https://mecc.gov.md/sites/default/files/standarde_de_competente.pdf

Anexa 6. Competențe specifice disciplinei Fizică pentru nivelul gimnazial și liceal

Conform Curriculumului Național FIZICĂ clasele VI-IX 2020

1. Identificarea și descrierea fenomenelor fizice și a manifestărilor acestora prin observații directe și analize ale surselor de informații, manifestând curiozitate și atenție.
2. Investigarea fenomenelor fizice simple prin observare și experimentare, manifestând perseverență și precizie.
3. Analiza și interpretarea datelor și a informațiilor cu referire la fenomenele fizice simple și la aplicațiile tehnice ale acestora, manifestând gândire critică.
4. Gestionarea cunoștințelor și a capacităților din domeniul fizicii prin rezolvarea de probleme și situații-problemă cotidiene, manifestând atenție și creativitate

Sursa: https://mecc.gov.md/sites/default/files/fizica_gimnaziu_ro.pdf
https://mecc.gov.md/sites/default/files/fizica_liceu_ro.pdf

**Anexa 7 Competențele științifice conform National Research Council (NRC)
SUA**

**A FRAMEWORK FOR
K-12 SCIENCE EDUCATION
Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas**

1. Formularea întrebărilor / Definirea problemelor: Abilitatea de a pune întrebări despre lumea naturală și de a identifica provocări care necesită soluții tehnice.
2. Dezvoltarea și utilizarea modelelor: Crearea de reprezentări (machete, diagrame, simulări) pentru a explica fenomene sau pentru a testa sisteme.
3. Planificarea și desfășurarea investigațiilor: Conducerea de experimente sau cercetări pe teren pentru a colecta date relevante.
4. Analizarea și interpretarea datelor: Utilizarea instrumentelor pentru a găsi tipare, semnificații și dovezi în informațiile colectate.
5. Utilizarea matematicii și a gândirii computaționale: Aplicarea calculelor și a algoritmilor pentru a analiza datele și a reprezenta variabilele.
6. Construirea explicațiilor (știință) / Proiectarea soluțiilor (inginerie): Formularea de teorii bazate pe dovezi și crearea de soluții eficiente pentru problemele identificate.
7. Angajarea în argumentație pe bază de dovezi: Susținerea propriilor idei și evaluarea critică a ideilor celorlalți folosind date și fapte.
8. Obținerea, evaluarea și comunicarea informațiilor: Capacitatea de a citi, înțelege și transmite clar cunoștințe științifice și tehnice.

Sursa: Conceptual Framework for New Science Education Standards
<https://www.nationalacademies.org/read/13165/chapter/1>

**Anexa 8. Mărimea efectului pentru factori ce influențează învățarea.
După Teoria Învățării Vizibile**

ELEVI	ME	CURRICULUM	ME
Cunoștințe anterioare și context		Citit, scris și arte	
Independența de câmp	0.68	Activități instructionale pentru profesori	0.72
Utilizarea dialectului non-standard	-0.29	Activități de înțelegere	0.47
Programe Piagetiene	1.28	Activități de dramă	0.38
Abilități anterioare	0.94	Expunerea la lectură	0.43
Realizări anterioare	0.55	Activități de muzică	0.37
Relația între creativitate și reușită	0.40	Instruirea fonetică	0.70
Relația între liceu și universitate	0.60	Activități de citire repetată	0.75
Relația între liceu și carieră	0.38	Activități de a doua/a treia șansă	0.53
Auto-raportarea notelor	1.33	Activități de combinare a propozițiilor	0.15
Puterea memoriei de lucru	0.57	Activități de ortografie	0.58
Convingeri, atitudini și dispoziții		Activități de percepție vizuală	0.55
Atitudinea față de conținut	0.35	Activități de vocabular	0.62
Concentrare / persistență / implicare	0.56	Abordarea limbajului integral	0.06
Perseverență/ Gândire incrementală	0.25	Programe de scriere	0.45
Conștientizare	0.29	Matematică și științe	
Dimineața vs. Seara	0.12	Materiale manipulabile la matematică	0.30
Valoarea percepută a sarcinii	0.46	Activități matematice	0.59
Identitate etnică pozitivă	0.12	Activități științifice	0.48
Auto-concept pozitiv	0.41	Utilizarea calculatorului	0.27
Auto-eficacitate	0.92	Alte programe curriculare	
Amenințarea stereotipului	0.33	Programe bilingve	0.36
Atributele de personalitate	0.26	Intervenții în carieră	0.38
Abordare și orientare motivațională		Instruire în jocul de șah	0.34
Motivația orientată spre realizare	0.44	Programe de schimbare conceptuală	0.99
Plictiseală	-0.49	Programe de creativitate	0.62
Motivație și abordare profundă	0.69	Cursuri despre incluziune și diversitate	0.09
Depresie	-0.36	Programe extracurriculare	0.20
Lipsa stresului	0.17	Programe curriculare integrate	0.47
Obiective ale învățării	0.06	Programe pentru minori delincvenți	0.12
Motivarea	0.42	Programe de motivație	0.34
Obiective de performanță	-0.01	Programe în aer liber și de aventură	0.43
Reducerea anxietății	0.42	Programe perceptiv-motorii	0.08
Motivație și abordare superficială	-0.11	Programe bazate pe joc	0.50
Influente fizice		Programe de dezvoltare a abilităților sociale	0.39
ADHD	-0.90	Programe de stimulare tactilă	0.58
ADHD – tratament medicamentos	0.32		
Alăptare naturală”	0.04		
Surditate	-0.61		
Exerciții/relaxare	0.26		

Diferențele de gen în realizări/performanță	0.08
Absența bolii	0.26
Lipsa somnului	-0.05
Naștere prematură sau cu greutate mică	0.57
Vârsta relativă în cadrul clasei	0.45

ACASĂ	ME	ȘCOALĂ	ME
Structura familiei		Leadership	
Copii adoptați vs. neadoptați	0.25	Eficacitatea colectivă a profesorilor	1.57
Tați implicați vs. neimplicați	0.20	Directori/manageri școlari	0.32
Familii intacte (ambii părinți)	0.23	Climatul școlar	0.32
Alte structuri familiale	0.16	Resursele școlii	
Mediul de acasă		Sisteme externe de responsabilizare	0.31
Pedepse corporale acasă	-0.33	Finanțare	0.21
Intervenții timpurii	0.44	Tipuri de școli	
Vizite la domiciliu	0.29	Școli charter	0.09
Schimbarea între școli	-0.34	Școli religioase	0.24
Sprijin pentru autonomia copilului	0.15	Școli de un singur sex	0.08
Implicarea părinților	0.50	Școala de vară	0.23
Deplasarea militară a părinților	-0.16	Efectul vacanței de vară	-0.02
Dinamici familiale/acasă pozitive	0.52	Efecte compoziționale ale școlii	
Televiziunea	-0.18	Cămine universitare	0.05
Resursele familiei		Desegregare	0.28
Familie cu ajutor social/de stat	-0.12	Diversitatea elevilor	0.10
Context non-imigrant	0.01	Intervenții în școlile gimnaziale	0.08
Ocuparea forței de muncă de către părinți	0.03	Experiențe curriculare extrașcolare	0.26
Statut socio-economic	0.52	Programe de alegere a școlii	0.12
		Dimensiunea școlii (600–900 elevi la secundar)	0.43
		Alți factori școlari	
		Efectele consilierii	0.35
		Efecte generale ale școlii	0.48
		Modificarea calendarelor/orarelor școlare	0.09
		Programe preșcolare	0.28
		Suspendarea/exmatricularea elevilor	-0.20

CLASĂ	ME	PROFESOR	ME
Efecte ale compoziției clasei		Atributele profesorului	
Eliminarea grupării pe niveluri (detracking)	0.09	Efecte medii ale profesorilor	0.32
Integrare/incluziune	0.27	Claritatea profesorului	0.75
Clase mixte (multi-nivel/varste)	0.04	Credibilitatea profesorului	0.90
Clase deschise vs. tradiționale	0.01	Estimările profesorului privind realizările elevilor	1.29
Reducerea dimensiunii clasei	0.21	Așteptările profesorului	0.43

Reținerea elevilor (repetarea anului)	-0.32	Atribute de personalitate ale profesorului	0.23
Învățarea în grupuri mici	0.47	Plata bazată pe performanță	0.05
Gruparea pe niveluri (tracking/streaming)	0.12	Abilitatea verbală a profesorului	0.22
Gruparea în cadrul clasei	0.18	Interacțiuni profesor-elev	
Curricula pentru elevi supradotați		Evaluarea calității predării de către elevi	0.50
Gruparea pe abilități pentru supradotați	0.30	Profesorii care nu etichetează elevii	0.61
Programe de accelerare	0.68	Relațiile profesor-elev	0.52
Programe de îmbogățire	0.53	Educația profesorilor	
Influențe asupra clasei		Programe inițiale de formare	0.12
Muzică de fundal	0.10	Micro-teaching / revizuirea video a lecțiilor	0.88
Programe de intervenție comportamentală	0.62	Programe de dezvoltare profesională	0.41
Managementul clasei	0.35	Cunoștințele profesorului în domeniul predat	0.11
Programe cognitiv-comportamentale	0.29		
Reducerea comportamentelor perturbatoare	0.34		
Mentorat	0.12		
Influențe pozitive ale colegilor	0.53		
Coeziune puternică a clasei	0.44		
Elevii care se simt respinși	-0.19		

PREDARE: FOCUS PE STRATEGIILE DE ÎNVĂȚARE ALE ELEVILOR	ME	PREDARE: FOCUS PE STRATEGIILE DE PREDARE/INSTRUIRE	ME
Strategii focusate pe metacogniție și autoreglarea învățării		Strategii focusate pe intențiile de învățare	
Elaborare și organizare	0.75	Obiective provocatoare adecvate	0.59
Interogare elaborativă	0.42	Organizatori comportamentali	0.42
Evaluare și reflecție	0.75	Intenții clare ale obiectivelor	0.48
Strategii metacognitive	0.60	Analiza sarcinilor cognitive	1.29
Căutarea de ajutor	0.72	Hărți conceptuale	0.64
Strategii de autoreglare	0.52	Angajamentul față de obiective	0.40
Auto-verbalizare și auto-întrebări	0.55	Obiective de învățare vs. lipsa obiectivelor	0.68
Monitorizarea strategiilor	0.58	Abordare bazată pe ierarhii de învățare	0.19
Strategii de transfer	0.86	Planificare și predicție	0.76
Intervenții centrate pe elev		Stabilirea standardelor pentru autoevaluare	0.62
Interacțiuni aptitudine/tratament	0.19	Strategii care pun accent pe criterii de succes	
Instruire individualizată	0.23	Învățarea prin stăpânire (mastery learning)	0.57
Potrivirea stilului de învățare	0.31	Exemple rezolvate	0.37
Predare centrată pe elev	0.36	Strategii care pun accent pe feedback	
Controlul elevului asupra învățării	0.02	Discuții în clasă	0.82
Strategii care pun accent pe perspectiva elevului		Feedback	
Tutorat între colegi	0.53	Oferirea de evaluare formativă	0.48
Tutori voluntari	0.26	Întrebări	0.48
Strategii de învățare		Răspuns la intervenție	1.29

Practică deliberată	0.79	Strategii de predare/instruire	
Efort	0.77	Materiale auxiliare	0.32
Imagerie	0.45	Învățare colaborativă	0.34
Practică intercalată	0.21	Învățare competitivă vs. individuală	0.24
Mnemonică	0.76	Învățare cooperativă	0.40
Luarea de notițe	0.50	Cooperativ vs. competitiv	0.53
Schițare și transformare	0.66	Cooperativ vs. individual	0.55
Testare prin practică	0.54	Instruire directă	0.60
Păstrarea evidențelor	0.52	Predare bazată pe descoperire	0.21
Repetiție și memorare	0.73	Strategii explicite de predare	0.57
Practică distribuită vs. concentrată	0.60	Umor	0.04
Integrarea cu cunoștințele anterioare	0.93	Predare inductivă	0.44
Abilități de studiu	0.46	Predare bazată pe investigație	0.40
Rezumare	0.79	Metoda „Jigsaw”	1.20
Predarea strategiilor de testare și coaching	0.30	Filosofie în școli	0.43
Timpul petrecut pe sarcină	0.49	Predare bazată pe rezolvarea problemelor	0.26
Subliniere și evidențiere	0.50	Predare prin rezolvarea problemelor	0.68
		Predare reciprocă	0.74
		Scaffolding (sprijin gradual)	0.82
		Predarea abilităților și strategiilor de comunicare	0.43
		Obiective provocatoare adecvate	0.59

PREDARE – METODE DE IMPLEMENTARE	ME	PREDARE – METODE DE IMPLEMENTARE	ME
Implementări prin tehnologii		Implementări prin învățare în afara școlii	
Sisteme de răspuns („clickers”)	0.22	Programe după școală	0.40
Jocuri/simulări	0.35	Educație la distanță	0.13
Tehnologia informației și comunicațiilor (TIC)	0.47	Programe de tip „home-school”	0.16
Metode video interactive	0.54	Teme pentru acasă	0.29
Telefoane mobile	0.37	Învățare prin servicii comunitare („service learning”)	0.58
Laptopuri individuale (1 la 1)	0.16	Implementări care pun accent pe strategii de predare la nivelul întregii școli	
Instrumente online și digitale	0.29	Predare în echipă/co-teaching	0.19
Instruire programată	0.23	Intervenții pentru elevii cu dificultăți de învățare	0.77
Tehnologie în educația la distanță	0.01	Programe de sprijin pentru studenți	0.21
Tehnologie în matematică	0.33	Predarea gândirii creative	0.34
Tehnologie în citire/lectură	0.29	Programe de îmbunătățire la nivelul întregii școli	0.28
Tehnologie în științe	0.23		
Tehnologie în grupuri mici	0.21		
Tehnologie cu elevi de liceu	0.30		
Tehnologie pentru elevi cu nevoi speciale	0.57		
Utilizarea PowerPoint	0.26		

Metode vizuale/audio-vizuale	0.22
Învățare bazată pe web	0.18

Sursa: <https://visible-learning.org/wp-content/uploads/2018/03/VLPLUS-252-Influences-Hattie-ranking-DEC-2017.pdf>

Anexa 9. Proiect didactic ISMC la tema „Câmpul magnetic”

PROIECT DIDACTIC DE ÎNVĂȚARE A ȘTIINȚELOR PRIN METODA CERCETĂRII (ISMC)

Disciplina: Fizică

Clasa: a IX-a

Tema: Câmpul electromagnetic

Tip: Lecție de descoperire prin investigație

Durata: 45 min

Ideile științifice mari ale lecției:

- Lumina este undă electromagnetică.
- Câmpul electromagnetic este o formă de existență a materiei.
- Variația câmpului electric generează câmp magnetic și invers.

Obiectivele lecției

Elevii vor cunoaște:

- Definiția undei electromagnetice.
- Faptul că vectorii $\vec{E}$ și $\vec{B}$ sunt reciproc perpendiculari și perpendiculari pe direcția de propagare a undei electromagnetice.
- Faptul că câmpul magnetic variabil generează câmp electric și vice-versa.
- Definiția undelor transversale și longitudinale.

Elevii vor putea să:

- Utilizeze relația dintre lungimea de undă, viteza de propagare și frecvență.
- Îmbunătățească capacitatea de a comunica idei complexe despre câmpul electromagnetic și undele electromagnetice într-un mod clar și accesibil.
- Utilizeze corect limbajul științific în explicarea naturii electromagnetice a luminii și a proprietăților câmpului electromagnetic.

Elevii vor înțelege

- Că lumina este undă electromagnetică.
- Principiul de lucru al vibratorului și rezonatorului lui Hertz.
- Esența experiențelor lui Oersted, Ampere și Faraday.
- Să rezolve probleme simple privind producerea și propagarea undelor electromagnetice.

Tabelul 1. Etapele lecției, acțiunile profesorului și ale elevilor.

Etapa IBSE	Acțiunile profesorului (conform articolului)	Acțiunile elevilor (conform articolului)	Organizare	Produse / Evaluare
1. Formarea ideilor inițiale, 4 min.	1.1 Pune întrebări deschise: „Ce se întâmplă în jurul unui conductor parcurs de curent?” 1.2 Solicită clarificarea ideilor în grup 1.3 Oferă feedback pozitiv, fără a corecta direct	1.1 Elevii exprimă ideii proprii. 1.2 Discută în grup și formulează răspunsuri	Frontal + grupuri	Idei inițiale consemnate în registru
2. Generarea întrebării de investigat, 3 min.	2.1 Încurajează întrebări: „Ce ați dori să aflați?” 2.2 Ghidează formularea întrebării productive	2.1 Elevii formulează întrebarea de cercetare	Grupuri	Întrebare formulată: „Cum influențează curentul mediul din jurul conductorului?”
3. Formularea ipotezelor, 3 min.	3.1 Încurajează ipoteze: „Ce credeți că se va întâmpla?”	3.1 Elevii emit ipoteze și le justifică	Grupuri	Ipoteze notate
4. Planificarea investigației, 4 min.	4.1 Propune structura planului 4.2 Ghidează identificarea variabilelor: intensitatea I a curentului electric, unghiul de abatere α a acului magnetic.	4.1 Elevii acceptă și înțeleg planul 4.2 Identifică variabile și constante (toate proprietățile conductorului) 4.3 Împart sarcinile	Grupuri	Plan de experiment
5. Experimentul, 8 min.	5.1 Cere repetarea măsurărilor 5.2 Ghidează organizarea datelor	5.1 Efectuează experimentul 5.2 Colectează date 5.3 Notează și organizează în tabel	Grupuri	Tabel de date
6. Analiza datelor, 5 min.	6.1 Solicită concluzii concise 6.2 Verifică coerența concluziilor cu datele 6.3 Compară cu ipoteza	6.1 Analizează datele 6.2 Verifică ipoteza	Grupuri	Concluzii preliminare
7. Explicații și modelare, 5 min.	7.1 Cere explicații: „Care este cauza?” 7.2 Identifică surse de eroare	7.1 Propun explicații 7.2 Notează concluzia	Grupuri + frontal	Model conceptual (linii de câmp)
8. Dezbateri, 3 min.	8.1 Lansează întrebări noi 8.2 Stimulează reflecția	8.1 Prezintă 8.2 Dezbate	Frontal	Argumentare științifică
9. Aplicare, 3 min.	Propune situații reale: electromagnet, motor	Elevii transferă conceptul	Frontal	Exemple aplicative
10. Evaluare formativă (Peer Instruction), 4 min.	Organizează vot individual → discuție → revotare	Răspund individual, discută, își revizuiesc răspunsul	Individual + grup	Răspunsuri argumentate
11. Reflecție finală, 3 min.	3.7 Întrebări de reflecție: Care-i legătura între caracteristicile curentului electric și câmpul magnetic?	6.7 Jurnal de reflecție	Individual	Jurnal scris

Nr. măsurării	Intensitatea curentului, I (A)	Unghiul de abatere α
1		
2		
3		

Întrebări conceptuale pentru evaluarea formativă, tip Instruire Mutuală

Întrebarea 1

Un fir conductor este parcurs de curent electric. În apropiere se află o busolă. Ce se întâmplă cu acul busolei?

- a) Nu se întâmplă nimic, deoarece busola reacționează doar la câmpul Pământului

- b) Acul se deplasează deoarece apare un câmp magnetic în jurul conductorului
- c) Acul se deplasează doar dacă firul este încălzit
- d) Acul se deplasează deoarece curentul „atrage” busola

Răspuns corect: B

Întrebarea 2

Un conductor rectiliniu este parcurs de curent electric. Lângă el se află o busolă. La un moment dat, sensul curentului se inversează. Ce se întâmplă cu acul busolei?

- a) Rămâne în aceeași poziție, deoarece intensitatea curentului nu s-a schimbat
- b) Își schimbă direcția deviației
- c) Nu este influențat
- d) Se aliniază cu direcția conductorului

Răspuns corect: B

Procedura obligatorie pentru întrebarea conceptuală

1. Răspuns individual
2. Vot (ridicare mâini / carduri)
3. Discuție în perechi sau grup
4. Revotare
5. Explicare publică

FIȘA ELEVULUI

Fizică – clasa a IX-a

Tema: Câmpul electromagnetic

1. ÎNTREBAREA DE INVESTIGAT

Formulează întrebarea la care vrei să răspunzi:

.....
.....

2. IDEI INIȚIALE

Ce crezi că se întâmplă în jurul unui conductor parcurs de curent?

.....
.....

3. IPOTEZA

Formulează o ipoteză (Ce crezi că se va întâmpla?):

.....
.....

4. PLANUL INVESTIGAȚIEI

4.1 Ce vom face?

(descrie pe scurt experimentul)

.....
.....

4.2 Ce mărimi vor fi:

- Variabilă:
- Constantă:
- Ce vom observa / măsura:

5. DESFĂȘURAREA EXPERIMENTULUI

Notează pașii realizați:

1.
2.
3.

6. REZULTATE EXPERIMENTALE

Tabel de date

Situația observată	Ce se întâmplă

7. ANALIZA DATELOR

Compară rezultatele cu ipoteza ta:

☐ Ipoteza este confirmată

☐ Ipoteza este infirmată

Explică de ce:

.....
.....

8. EXPLICAȚIA REZULTATELOR

Care este cauza fenomenului observat?

.....
.....

9. CONCLUZIA

Ce ai descoperit? (scrie clar și concis)

.....
.....

10. POSIBILE ERORI

Ce ar putea influența rezultatele?

.....
.....

11. APLICARE

Unde întâlnim acest fenomen în viața reală?

.....
.....

12. EVALUARE CONCEPTUALĂ

Întrebarea 1

Un fir conductor este parcurs de curent electric. În apropiere se află o busolă. Ce se întâmplă cu acul busolei?

- ☐ A. Nu se întâmplă nimic
- ☐ B. Acul se deplasează datorită câmpului magnetic
- ☐ C. Acul se deplasează doar dacă firul este încălzit
- ☐ D. Acul este atras direct de curent

Răspuns inițial:

După discuție în grup:

Explicația ta:.....

Întrebarea 2

Un conductor rectiliniu este parcurs de curent electric. Lângă el se află o busolă. La un moment dat, sensul curentului se inversează. Ce se întâmplă cu acul busolei?

- ☐ A. Rămâne în aceeași poziție, deoarece intensitatea curentului nu s-a schimbat
- ☐ B. Își schimbă direcția deviației
- ☐ C. Nu este influențat
- ☐ D. Se aliniază cu direcția conductorului

Răspuns inițial:

După discuție în grup:

Explicația ta:.....

13. JURNAL DE REFLECȚIE

Ce am învățat astăzi?

.....

Ce idee inițială mi-a fost schimbată?

.....

Ce aș face diferit data viitoare?

.....

Ce întrebare nouă mi-a apărut?

.....

Anexa 10. Rezultatele evaluării formative cu ajutorul sistemului de evaluare digitală Turning Point

Date Created: 16.01.2023 8:52:20

Active Participants: 12

Average Score: 77,78%

Questions: 3

Results Detail

Last Name	First Name	Q1	Q2	Q3	Total Points	Score
Answer Key		1	3	2	3	100,00%
		-	4	-	0	0,00%
		1	4	2	2	66,67%
		1	3	2	3	100,00%
		1	3	2	3	100,00%
		1	3	2	3	100,00%
		-	4	2	1	33,33%
		1	4	2	2	66,67%
		1	3	2	3	100,00%
		1	3	2	3	100,00%
		1	3	2	3	100,00%
		1	3	2	3	100,00%
		1	4	2	2	66,67%
Participant List Averages		83	58	92	2,3333	77,78%

Anexa 11.a. Test de evaluare formativă digitalizată la tema Legea atracției universale, capitolul Interacțiuni prin câmpuri, cursul de fizică, clasa a IX-a.

Item 1. Alegeți afirmația corectă:

1. Corpurile mici nu se atrag între ele
2. Doar corpurile cerești se atrag între ele
3. Toate corpurile se atrag între ele cu forță gravitațională (afirmația corectă)

Item 2. Alegeți varianta corectă:

Dacă masa corpului se mărește de 2 ori, forța de atracție se:

1. Micșorează de 2 ori
2. Micșorează de 4 ori (varianta corectă)
3. Mărește de 2 ori
4. Mărește de 4 ori

Item 3. Alegeți răspunsul corect:

Dacă distanța dintre două corpuri se micșorează de 3 ori, forța de atracție se:

1. Micșorează de 3 ori
2. Micșorează de 9 ori
3. Mărește de 3 ori
4. Mărește de 9 ori (varianta corectă)

Anexa 11.b. Rezultatele evaluării formative la tema Legea atracției universale din capitolul Interacțiuni prin câmpuri, cursul de fizică, clasa a IX-a

Session Name: L. atracției universale Evaluare 2 09.01.2023 8-55

Date Created: 09.01.2023 8:47:09

Active Participants: 10 of 13

Average Score: 50,00%

Questions: 3

Results Detail

Last Name	First Name	Q1	Q2	Q3	Total Points	Score
Answer Key		3	3	4	3	100,00%
		2	2	2	0	0,00%
		3	3	3	2	66,67%
		3	1	3	1	33,33%
		-	4	2	0	0,00%
		3	2	4	2	66,67%
		3	3	1	2	66,67%
		3	3	2	2	66,67%
		3	3	1	2	66,67%
		3	3	3	2	66,67%
		3	3	3	2	66,67%
Participant List Averages		80	60	10	1,5	50,00%

Anexa 12.a. Evaluare formativă digitalizată la tema ” Sistemul Solar” din capitolul ”Interacțiuni prin câmpuri”, fizica, clasa a IX-a

1. Orbita cărei planete este cea mai apropiată de orbita Pământului:

- Venus (varianta corectă)
- Marte
- Mercur
- Jupiter

2. Care planetă este cea mai apropiată de Marte?

- Jupiter
- Saturn
- Pământ (varianta corectă)
- Venus

3. Care planetă are diametrul cel mai mare?

- Uranus
- Jupiter (varianta corectă)
- Saturn
- Pământul

Anexa 12.b. Rezultate evaluare formativă la tema ” Sistemul Solar” din capitolul ”Interacțiuni prin câmpuri”, fizica, clasa a IX-a

Session Name: SISTEMUL SOLAR 16.01.2023 8-58

Date Created: 16.01.2023 8:52:20

Active Participants: 12

Average Score: 77,78%

Questions: 3

Results Detail

Last Name	First Name	Q1	Q2	Q3	Total Points	Score
Answer Key		1	3	2	3	100,00%
		-	4	-	0	0,00%
		1	4	2	2	66,67%
		1	3	2	3	100,00%
		1	3	2	3	100,00%
		1	3	2	3	100,00%
		-	4	2	1	33,33%
		1	4	2	2	66,67%
		1	3	2	3	100,00%
		1	3	2	3	100,00%
		1	3	2	3	100,00%
		1	3	2	3	100,00%
		1	4	2	2	66,67%
Participant List Averages		83	58	92	2,3333	77,78%

Anexa 13.a. Evaluare formativă digitalizată la tema ” Interacțiunea electrostatică. Legea lui Coulomb” din capitolul ”Interacțiuni prin câmpuri”, fizica, clasa a IX-a

1. Forțele coulombiene sunt forțe:
 - Doar de atracție
 - Universale
 - De atracție sau de respingere (varianta corectă)
 - Doar de respingere
2. Un ecran, care ecranează total interacțiunea electrostatică, are permitivitatea relativă egală cu:
 - $9 \cdot 10^9$
 - 1
 - ∞
 - 0 (varianta corectă)
3. Dacă distanța dintre două sarcini electrice se micșorează de 3 ori, atunci forța coulombiană se:
 - Se mărește de 9 ori; (varianta corectă)
 - Se micșorează de 9 ori;
 - Se mărește de 3 ori;
 - Se micșorează de 3 ori.

Anexa 13.b. Rezultate evaluare formativă la tema ” Interacțiunea electrostatică. Legea lui Coulomb” din capitolul ”Interacțiuni prin câmpuri”, fizica, clasa a IX-a

Session Name: Legea lui Coulomb 18.01.2023 10-43

Date Created: 18.01.2023 10:39:24

Active Participants: 12

Average Score: 44,44%

Questions: 3

Results Detail

Last Name	First Name	Q1	Q2	Q3	Total Points	Score
Answer Key		3	4	1	3	100,00%
██████████	██████████	4	1	1	1	33,33%
██████████	██████████	2	4	3	1	33,33%
██████████	██████████	2	4	2	1	33,33%
██████████	██████████	3	-	-	1	33,33%
██████████	██████████	2	4	4	1	33,33%
██████████	██████████	3	4	4	2	66,67%
██████████	██████████	3	4	2	2	66,67%
██████████	██████████	3	4	3	2	66,67%
██████████	██████████	3	4	4	2	66,67%
██████████	██████████	2	4	3	1	33,33%
██████████	██████████	2	4	2	1	33,33%
██████████	██████████	2	4	4	1	33,33%
Participant List Averages		42	83	8	1,3333	44,44%

Anexa 14.a. Evaluare formativă digitalizată la tema "Câmpul electrostatic" din capitolul "Interacțiuni prin câmpuri", fizica, clasa a IX-a

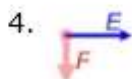
1. Dacă distanța r de la sarcina electrică Q se mărește de 2 ori, atunci mărimea intensității $\vec{E}$ a câmpului electric se:

- Micșorează de 4 ori (varianta corectă)
- Micșorează de 2 ori
- Mărește de 4 ori
- Mărește de 2 ori

2. Dacă sarcina electrică q a corpului de probă, plasat în câmpul electrostatic $\vec{E}$, se micșorează de 3 ori, atunci forța F care acționează asupra sarcinii se:

- Micșorează de 9 ori
- Micșorează de 3 ori (varianta corectă)
- Mărește de 9 ori
- Mărește de 3 ori

3. În câmpul electrostatic E este plasată o sarcină de probă q negativă. Alegeți direcția forței F , cu care câmpul E acționează asupra sarcinii q .



Anexa 14.b. Rezultate evaluare formativă la tema "Câmpul electrostatic" din capitolul "Interacțiuni prin câmpuri", fizica, clasa a IX-a

Session Name: Câmpul electrostatic 30.01.2023 9-16 (1)

Date Created: 30.01.2023 9:10:25

Active Participants: 12

Average Score: 58,33%

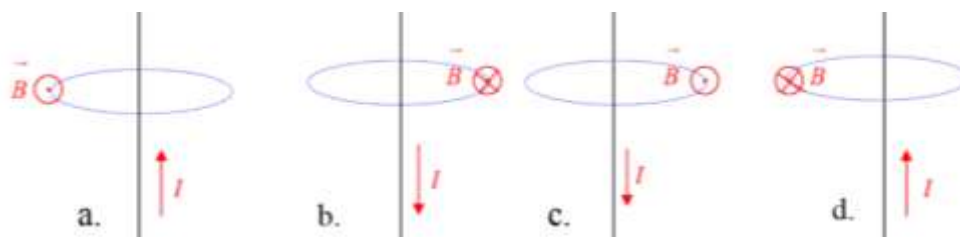
Questions: 3

Results Detail

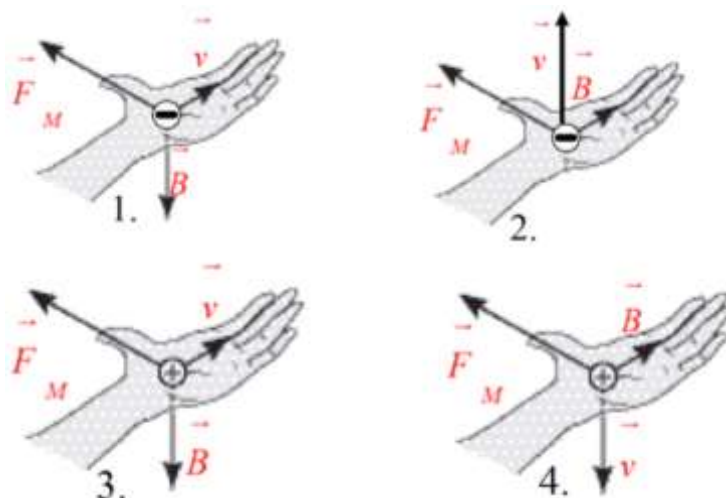
Last Name	First Name	Q1	Q2	Q3	Total Points	Score
Answer Key		1	2	2	3	100,00%
		2	2	2	2	66,67%
		3	1	2	1	33,33%
		3	2	2	2	66,67%
		2	2	2	2	66,67%
		2	4	2	1	33,33%
		2	2	2	2	66,67%
		2	2	2	2	66,67%
		3	2	2	2	66,67%
		2	2	2	2	66,67%
		3	2	2	2	66,67%
		2	2	2	2	66,67%
		2	4	2	1	33,33%
Participant List Averages		0	75	100	1,75	58,33%

Anexa 15.a. Evaluare formativă digitalizată la tema "Câmpul magnetic. Interacțiunea dintre conductoarele paralele parcurse de curent electric" din capitolul "Interacțiuni prin câmpuri", fizica, clasa a IX-a

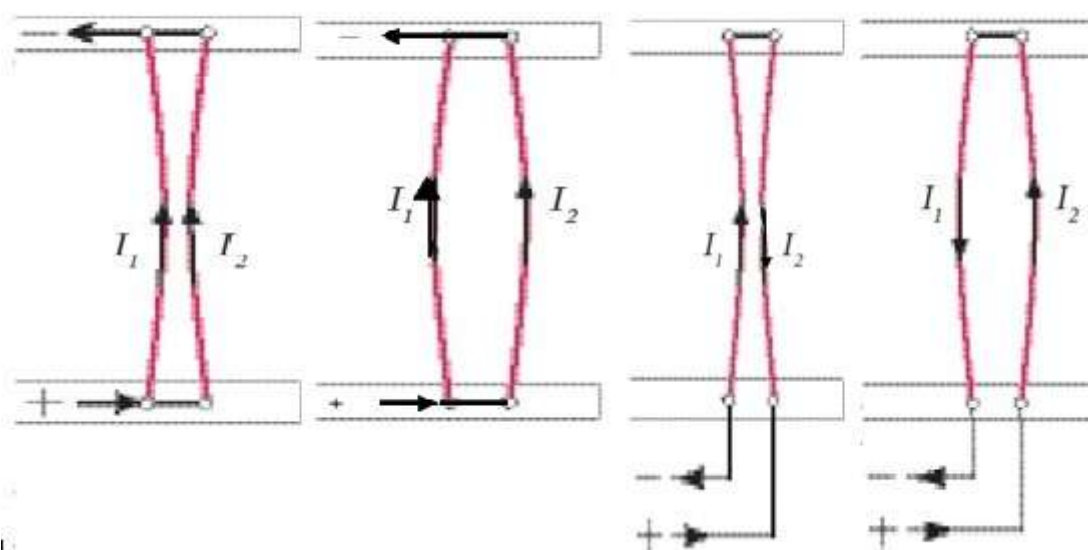
1. Din variantele propuse, alegeți direcția corectă a vectorului inducției magnetice $\vec{B}$.



2. Din variantele propuse, alegeți direcția corectă a forței magnetice $\vec{F}_M$ ce acționează asupra sarcinii electrice, care se mișcă cu viteza $\vec{v}$ și care se află în câmpul magnetic cu inducția $\vec{B}$.



3. Din variantele propuse, alegeți desenul corect:



Anexa 15.b. Rezultate evaluare formativă la tema "Câmpul magnetic. Interacțiunea dintre conductoarele paralele parcurse de curent electric" din capitolul "Interacțiuni prin câmpuri", fizica, clasa a IX-a

Session Name: Câmp magnetic.F.Ampere

Date Created: 27.03.2023 11:03:06

Active Participants: 12

Average Score: 72,22%

Questions: 3

Results Detail

Last Name	First Name	Q1	Q2	Q3	Total Points	Score
Answer Key		A	C	A,	3	100,00%
		C	C	A	2	66,67%
		A	C	D	3	100,00%
		D	C	A	2	66,67%
		B	C	D	2	66,67%
		A	C	C	2	66,67%
		B	C	D	2	66,67%
		A	A	D	2	66,67%
		A	A	D	2	66,67%
		A	C	A	3	100,00%
		A	A	A	2	66,67%
		C	A	A	1	33,33%
		A	C	A	3	100,00%
Participant List Averages		58	67	92	2,1667	72,22%

Anexa 16. Test de evaluare sumativă digitalizată la capitolul Interacțiuni prin câmpuri, cursul de fizică, clasa a IX-a

1. Alegeți răspunsul corect la întrebare:

Dacă distanța dintre două corpuri se micșorează de 3 ori, forța de atracție se:

- Micșorează de 3 ori
- Micșorează de 9 ori
- Mărește de 3 ori
- Mărește de 9 ori

2. Continuați propoziția:

Forțele coulombiene sunt forțe:

- Doar de atracție
- Universale
- De atracție sau de respingere
- Doar de respingere

3. În câmpul electrostatic $\vec{E}$ este plasată o sarcină de probă q negativă. Alegeți direcția forței $\vec{F}$, cu care câmpul $\vec{E}$ acționează asupra sarcinii q .



4. Stabiliți corespondența dintre mărimile fizice și unitățile lor de măsură.

	N/kg
Forța coulombiană	
Sarcina electrică	C
Inducția magnetică	T
Accelerația gravitațională	N

5. Rezolvați problema și alegeți răspunsul corect:

La ce distanță în vid se află două sarcini electrice egale fiecare cu $q = \frac{1}{3} \mu\text{C}$, dacă ele se resping cu o forță de 10 N.

- 10 m
- 90 m
- 10 cm
- 0,9 m

6. Rezolvați problema și alegeți răspunsul corect:

Cu ce viteză intră un electron într-un câmp magnetic omogen de inducție $B=0,5 \text{ T}$, dacă câmpul dat acționează asupra electronului cu forța de $-1,6 \cdot 10^{-14} \text{ N}$?

- a. 200000 m/s
- b. 400 m/s
- c. 200 m/s
- d. 160000 m/s

7. O sarcină electronică pozitivă q , se deplasează cu viteza $\vec{v}$ într-un câmp magnetic omogen $\vec{B}$. Desenează direcția corectă a forței Lorentz, dacă vectorul inducției magnetice intră în planul foii.

Anexa 17. Chestionar componentele cunoașterii

Aprecierea nivelului metacogniției

Componenta Cunoașterea cognitivă

1. În ce măsură crezi că îți cunoști propriile modalități de învățare la fizică?

Deloc	Puțin	Parțial	În mare măsură	Pe deplin

2. Atunci când rezolvi o problemă la fizică, ești conștient de modul în care gândești?

Deloc	Puțin	Parțial	În mare măsură	Pe deplin

3. Se întâmplă să-ți ajustezi modalitatea ta de a învăța, în funcție de rezultatele învățării la fizică?

Deloc	Rareori	Ocazional	Deseori	Întotdeauna

4. Pot singur să identific și să depășesc dificultățile întâmpinate la înțelegerea unei teme noi la fizică.

Cu greu	În mică măsură	Ocazional	În mare măsură	Cu ușurință

5. Cred că strategiile mele de a reține informațiile importante din cursul de fizică sunt eficiente.

Deloc eficiente	Puțin eficiente	Moderat eficiente	Foarte eficiente	Extrem de eficiente

Componenta Reglarea cognitivă

6. Atunci când înveți o temă la fizică și întâmpini dificultăți, îți schimbi sau ajustezi modul de învățare?

Deloc	Rareori	Ocazional	Deseori	Întotdeauna

7. Pentru a-mi îmbunătăți rezultatele la fizică, îmi evaluez singur cunoștințele.

Deloc	Rareori	Ocazional	Deseori	Întotdeauna

8. Țin cont de sfatul profesorului și părerea colegilor pentru a-mi îmbunătăți strategiile de învățare și de rezolvare a problemelor la fizică

Deloc	Rareori	Ocazional	Deseori	Întotdeauna

9. Îmi setez singur obiective clare pentru a-mi gestiona învățarea la fizică.

Nu îmi setez obiective	Rareori	Ocazional	Deseori	Întotdeauna

10. Dacă mă confrunt cu o problemă grea la fizică, pentru a o rezolva corect singur pot să-mi schimb sau să-mi ajustez modalitatea de rezolvare.

Deloc	Cu greu	Ocazional	În mare măsură	Cu ușurință

Componenta Aplicarea strategiilor metacognitive

11. Aleg și folosesc intenționat diverse strategii de rezolvare a problemelor de fizică.

Deloc	În mică măsură	Ocazional	Frecvent	Întotdeauna

12. Când îmi fac temele sau mă pregătesc pentru un test la fizică, îmi planific dinainte cum anume voi învăța.

Nu planific în avans	Rareori	Ocazional	Frecvent	Întotdeauna

13. În dependență de volumul sau de dificultatea materialului, îmi aleg strategiile de învățare.

Nu folosesc strategii diferite de învățare	Rareori	Ocazional	Deseori	Întotdeauna

14. Înțeleg modul în care folosesc anumite metode de memorare.

Deloc	Puțin	Parțial	Foarte	Complet

15. Crezi că strategiile tale de învățare îți influențează succesul la fizică?

Deloc	Puțin	Parțial	În mare măsură	Complet

Aprecierea nivelului atitudinii

Componenta Atitudinea față de învățarea fizicii

16. Studiul fizicii este interesant și captivant pentru mine.

Deloc interesant	Puțin interesant	Moderat interesant	Foarte interesant	Extrem de interesant

17. Îmi place să învăț lucruri noi și să rezolv probleme la lecțiile de fizică.

Nu-mi place	Foarte puțin	Îmi place moderat	Îmi place	Îmi place foarte mult

18. Înțelegerea fizicii poate fi utilă în viața mea de zi cu zi.

Deloc	Puțin	Moderat	Foarte utilă	Extrem de utilă

19. Mă simt confortabil să particip activ la lecțiile de fizică și să discut despre subiectele abordate.

Deloc confortabil	Puțin confortabil	Moderat confortabil	Foarte confortabil	Extrem de confortabil

--	--	--	--	--

20. Efortul meu de la fizică influențează pozitiv reușita și la celelalte obiecte.

Nu influențează deloc	Puțin influențează	Influențează într-o anumită măsură	Influențează	Influențează semnificativ

Componenta Valorile fundamentale în învățarea fizicii

21. Apreciez astfel de calități precum curiozitatea și dorința de a înțelege lucruri noi la lecția de fizică.

Deloc	Nu prea	Un pic	Mult	Foarte mult

22. Este important ca între colegii de clasă să existe respect și colaborare în timpul lucrărilor de laborator la fizică.

Nu-i important	Puțin important	Un pic important	Destul de important	Foarte important

23. Crezi că ești perseverent în învățarea fizicii?

Deloc	Nu prea	Un pic	Destul de perseverent	Foarte perseverent

24. Apreciez opinia celorlalți elevi în discuțiile din cadrul lecției de fizică.

Nu apreciez	Nu prea	Un pic	Apreciez mult	Apreciez foarte mult

25. Cred că schimbul de cunoștințe și idei între colegi ajută la înțelegerea comună a temei.

Nu cred	Nu prea	Un pic	Mult	Foarte mult

Componenta Etica în învățarea fizicii

26. Cred că e important să nu trișezi la lucrările de laborator.

Nu-i important	E foarte puțin important	E puțin important	E important	E foarte important

27. Știința e importantă pentru mediul nostru înconjurător și pentru nivelul de civilizație.

Nu-i importantă	E foarte puțin importantă	E puțin importantă	E importantă	E foarte importantă

28. Pentru mine este important să împart cu colegii ideile și cunoștințele mele de fizică.

Deloc important	Foarte puțin important	Puțin important	Important	Foarte important

29. Pentru mine contează să respect ideile și cunoștințele de fizică ale colegilor.

Nu contează deloc	Foarte puțin contează	Contează	Contează mult	Contează destul de mult

30. Pentru mine este important să nu copiez la un test sau la tema pentru acasă.

Nu-i deloc important	E foarte puțin important	E puțin important	E important	E foarte important

Anexa 18. Chestionar de evaluare a nivelului competențelor de învățare pe tot parcursul vieții

Clasa a VII-a

Set.I Verificarea cunoașterii legităților fizicii

1. Stabiliți prin săgeți corespondența dintre următoarele mărimi fizice și definiția acestora.

Masă	Mărime fizică ce caracterizează interacțiunea și determină efectul ei.
Pondere	Mărimea fizică ce caracterizează inerțitatea corpului – proprietatea de a se opune modificării caracterului mișcării sale.
Densitate	Forța cu care corpul acționează asupra suportului orizontal sau a firului vertical care îl împiedică să cadă. Raportul dintre masa unui corp și volumul lui.

2. Ordonează următoarele cuvinte în ordinea descreșterii mărimii (dimensiunilor):

Scaun, cretă, atom, tablă, moleculă, dinamometru, stativ, măsură.

3. Bifează afirmația corectă despre *producerea fulgerului*:

- ☐ Descărcarea electrică dintre partea inferioară a unui nor și un corp de pe Pământ, însoțită de o lumină orbitoare.
- ☐ Atunci când doi nori se apropie unul de altul, între regiunile încărcate cu sarcini de semne opuse are loc o descărcare electrică însoțită de o lumină orbitoare.
- ☐ Tijă metalică prevăzută cu vârf ascuțit, fixată pe părțile cele mai înalte ale clădirilor, legată cu un conductor gros de un corp metalic masiv, îngropat la câțiva metri în pământ.

4. Desenează mai jos 3 fascicule de lumină în ordinea care urmează: divergent, convergent și paralel

SET.II Aplicarea

5. Descrie etapele de măsurare greutateii unui corp cu ajutorul dinamometrului:

6. Stabilește prin săgeți corespondența dintre următoarele mărimi fizice și unitatea de măsură a acesteia:

Pondere	dm^2
Masa	km^3
Suprafață	kN
Volum	g
	cm

7. Restabilește consecutivitatea la procurarea gresiei pentru podea:

- Calculăm suma necesară pentru gresie, înmulțind prețul unei plăci cu numărul de plăci de gresie;
- Calculăm suprafața unei plăci de gresie;
- Mergem la magazin și cumpărăm gresia;
- Împărțim suprafața podelei la suprafața unei plăci de gresie și aproximăm prin adaos, astfel aflând numărul de plăci necesare;
- Calculăm suprafața podelei ce urmează a fi pavată cu gresie;

8. Un biciclist a parcurs distanța dintre două localități egală cu 63 km timp de 1h 15 min. Determină viteza medie a biciclistului.

SET.III

9. Scrie mai jos contul tău de e-mail.

10. Aranjează în ordinea creșterii efectului negativ:

- Centrale electrice pe cărbuni;
- Centrale atomice;
- Instalație eoliană;
- Instalație fotovoltaică.

11. Folosești comunicarea electronică (e-mail, messenger, viber, etc.) la problemele școlare:

- Permanent
- Deseori
- Rareori
- Deloc

12. Stabilește relațiile dintre următoarele coloane:

Topirea gheții	Mecanice
Formarea curcubeului	
Căderea mărului din pom	Electrice
Iepurașul de soare	
Obținerea curentului electric folosind magnetul	Termice
Topirea cerei la arderea lumânării	Optice

SET.IV

13. Atunci când îți imaginezi un cub de gheață care plutește la suprafața unui pahar plin cu apă, te gândești că în scurt timp apa din pahar se va revărsa odată cu topirea cubului de gheață. Dar oare se întâmplă astfel? Bifează una din următoarele variante:

- ☐ Deloc interesant
- ☐ Un pic interesant
- ☐ Interesant
- ☐ Foarte interesant

14. Ați folosit în perioada online telefonul mobil, PC în perioada online:

- ☐ Permanent
- ☐ Desori
- ☐ Rareori
- ☐ Niciodată

15. Ți-ar plăcea să folosești instrumente digitale la învățarea/ pregătirea lecțiilor?

16. Ai dori ca profesia ta viitoare să fie bazată pe tehnologii digitale? Argumentează.

Anexa 19. PROIECT DIDACTIC AL LECȚIEI
Integrat cu Modelul Pedagogic 4-DIM de dezvoltare a CIPV

Disciplina	Fizică. Astronomie	Clasa	X
Unitatea de conținut	Impulsul mecanic. Lucrul și energia mecanică	Nr. lecției	
Subiectul lecției	Impulsul mecanic. Teorema variației impulsului mecanic al punctului material	Durata	45 min
Tipul lecției	Lecție constructivistă de formare a competențelor de cunoaștere — model 5E integrat cu 4DPM	Manual	Marinciuc M., Rusu S. Fizică cl. X, Ed. Știința, 2012

CADRUL 4DPM AL LECȚIEI — Niveluri activate pe cele 4 axe

AXA 1 Progresie Cognitivă	AXA 2 Metodologii Educaționale	AXA 3 Dezvoltarea Competențelor	AXA 4 Complexitate Disciplinară
Cunoaștere → Înțelegere → Sinteză → Evaluare critică ✓ Nivelul activat: Cunoaștere + Înțelegere	Procedură → Metodă → Strategie → Paradigmă ✓ Nivelul activat: Metodă + Strategie (5E, IBSE, Peer Instruction)	Explorare → Consolidare → Adaptare → Integrare ✓ Nivelul activat: Explorare + Consolidare	Mono- → Pluri- → Inter- → Trans-disciplinar ✓ Nivelul activat: Mono + Pluri (fizică + matematică + sport)

UNITĂȚI DE COMPETENȚĂ ȘI OBIECTIVE ALE LECȚIEI

Unități de competență:

- 3.1. Descrierea calitativă și cantitativă a conceptelor: impuls mecanic, impulsul forței, teorema variației impulsului, legea conservării impulsului.
 3.3. Utilizarea mărimilor fizice impuls mecanic și impulsul forței la rezolvarea situațiilor-problemă.

Obiective corelate cu Axa Cognitivă (4DPM):

- (Cunoaștere)** O1 — Să identifice și să definească oral conceptele: impuls mecanic, impulsul forței, teorema variației impulsului, utilizând limbajul științific adecvat.
(Înțelegere) O2 — Să explice semnificația fizică a impulsului mecanic și a impulsului forței, corelând expresia matematică cu caracteristicile vectoriale ale mărimilor.
(Înțelegere) O3 — Să deducă teorema variației impulsului pornind de la principiul fundamental al dinamicii, urmărind lanțul logic al argumentării.

(Sinteză — parțial) O4 — Să aplice conceptele impuls mecanic și impulsul forței la descrierea unor situații cotidiene și la rezolvarea unor situații-problemă.

(Metacogniție) O5 — Să evalueze propria înțelegere prin formularea unor întrebări și prin verificarea răspunsurilor în perechi (Peer Instruction).

TEHNOLOGII DIDACTICE — CORELATE CU AXA METODOLOGIILOR (4DPM)

Nivel 4DPM	Forme de organizare	Metode și strategii	Mijloace
Procedură (tehnici izolate)	Frontală	Brainstorming vizual; conversație euristică; demonstrație	Panou interactiv, sistem de evaluare digitală
Metodă (set structurat)	Frontală, individual	Lectură ghidată (fișă informativă); rezolvare de probleme; analiză-sinteză	Fișă cu informații, fișă cu probleme
Strategie (plan flexibil)	În perechi, grupuri mici	Peer Instruction (discuție în perechi); învățare prin investigare (IBSE parțial); Clasa Inversată — moment de reflecție	Fișă cu situații cotidiene, simulare PhET (opțional)
Paradigmă (viziune holistică)	Frontală, perechi	Constructivism aplicat: elevul deduce, nu primește; feedback bidirecțional; metacogniție prin reflecție ghidată	educatieinteractiva.md

EVALUAREA

Tip: Formativă, feedback continuu, fără note.

Instrumente: Răspunsuri orale (conversație euristică); întrebări conceptuale, problemă rezolvată (individual/perechi); fișă de reflecție metacognitivă (sfârșitul lecției); sarcini interactive pe educatieinteractiva.md.

Criteriu de succes vizibil pentru elev (Visible Learning): Elevul știe că a înțeles atunci când poate explica unui coleg ce este impulsul mecanic, poate da un exemplu din viața cotidiană și poate rezolva o problemă de tip standard.

SCENARIUL LECȚIEI — INTEGRAT CU MODELUL 4DPM ȘI STRUCTURA 5E

Etapa 5E / 4DPM	Ob.	Demersul acțional al lecției	Min.	Metodă / Formă / Resurse	Axa 4DPM activată
E1 IMPLI-CARE (Engage)	—	Moment organizatoric și captarea atenției Profesorul proiectează 5 imagini cu situații cotidiene (bila de biliard, racheta, fotbalistul, gimnasta, patinatorul) și pune întrebarea-ancoră: Ce au în comun toate aceste situații? Ce determină schimbarea stării de mișcare?	5	Brainstorming vizual Conversație euristică Frontal Panou interactiv, imagini situații cotidiene	Ax.1: Cunoaștere Ax.2: Procedură Ax.3: Explorare Ax.4: Mono-disciplinar

Etapa 5E / 4DPM	Ob.	Demersul acțional al lecției	Min.	Metodă / Formă / Resurse	Axa 4DPM activată
	O1	Elevii răspund liber, fără presiunea răspunsului corect. Profesorul notează pe tablă câteva răspunsuri. (4DPM — Axa 3, Explorare): Nu există răspunsuri greșite. Scopul este activarea cunoștințelor anterioare și stimularea curiozității. Activarea cunoștințelor anterioare: Profesorul pune 2 întrebări-pivot: • Ce este un punct material? • Ce spune principiul fundamental al dinamicii (legea a II-a Newton)? Elevii răspund oral. Profesorul confirmă și leagă de tema nouă.	3	Enunțarea criteriilor de succes Frontal Tablă / tablă interactivă	Ax.1: Cunoaștere Ax.2: Metodă Ax.3: Explorare Ax.4: Mono-disciplinar
		Comunicarea obiectivelor învățării vizibile (Visible Learning): Profesorul scrie pe tablă criteriile de succes: La finele lecției vei ști să: ✓ Definești impulsul mecanic și impulsul forței ✓ Deduci teorema variației impulsului ✓ Explici cu ajutorul lor 2 situații din imagini ✓ Rezolvi o problemă de tip standard (4DPM — Axa 2, Metodă): Obiectivele cognitive vizibile cresc motivația intrinsecă și orientează efortul cognitiv al elevului.			
E2 EXPLO- RARE (Explore)	O2 O3	Deducerea conceptului de impuls mecanic (IBSE — investigare ghidată) Profesorul ghidează elevii printr-un lanț logic de deducere, nu predă direct: Pas 1 — Scriem pe tablă: $F = ma$. Întrebare: 'Cum exprimăm accelerația?' $\rightarrow a = \Delta v / \Delta t$ Pas 2 — Substituim: $F = m \cdot \Delta v / \Delta t$. Întrebare: 'Putem rescrie numărătorul?' $\rightarrow F = (mv_2 - mv_1) / \Delta t$ Pas 3 — Profesorul introduce notația $p = mv$ și cere elevilor să identifice unitatea de măsură și caracterul vectorial. ? Ce fel de mărime este p — scalară sau vectorială? De ce? Pas 4 — Elevii citesc secvența din Fișa informativă (Anexa 2) și verifică deducerea proprie. (4DPM — Axa 1, Înțelegere): Elevul nu primește definiția — o construiește urmărind lanțul logic. Aceasta este esența înțelegerii conceptuale. (4DPM — Axa 4, Pluri-disciplinar): Se folosesc instrumente matematice (substituție algebrică, notație vectorială) pentru a construi conceptul fizic.	10	IBSE — investigare ghidată Conversație euristică Lectură ghidată Peer Instruction Frontal $\rightarrow$ Individual $\rightarrow$ Perechi Tablă, fișa informativă	Ax.1: Înțelegere Ax.2: Metodă + Strategie Ax.3: Explorare Ax.4: Pluri-disciplinar (fizică + matematică)

Etapa 5E / 4DPM	Ob.	Demersul acțional al lecției	Min.	Metodă / Formă / Resurse	Axa 4DPM activată
		Exemplu numeric imediat (Peer Instruction): Profesorul prezintă: $m = 1000 \text{ kg}$, $v = 16 \text{ m/s}$ $\rightarrow$ calculează p . Elevii rezolvă individual (1 min), apoi compară cu colegul de bancă și discută diferențele.			
	O2 O3	Deducerea impulsului forței și a teoremei variației impulsului Profesorul continuă lanțul logic: $F = \Delta p / \Delta t \rightarrow \Delta p = F \cdot \Delta t \rightarrow$ notăm $H = F \cdot \Delta t$ (impulsul forței) ? Ce unitate de măsură are H ? Este vectorial sau scalar? Elevii identifică din expresia matematică: (H) = $N \cdot s$; vectorial (direcția și sensul forței). Profesorul enunță teorema variației impulsului și subliniază caracterul ei general (masă variabilă). ? Întrebare de sinteză: Dacă o forță mai mică acționează mai mult timp față de o forță mare care acționează scurt — pot produce același efect? De ce? (4DPM — Axa 1, Sinteză parțială): Elevul face conexiunea între parametri (F , Δt) și efectul lor combinat (Δp) — transfer de cunoaștere. Exemplu numeric (Peer Instruction): $F = 500 \text{ N}$, $\Delta t = 0,2 \text{ s} \rightarrow H = ?$ Rezolvare individuală $\rightarrow$ comparare în perechi $\rightarrow$ feedback frontal. Legea conservării impulsului — deducere din cazul $F = 0 \rightarrow \Delta p = 0 \rightarrow p = \text{const.}$	8	Demonstrație logică Conversație euristică Peer Instruction Frontal $\rightarrow$ Perechi Tablă, cretă	Ax.1: Înțelegere $\rightarrow$ Sinteză Ax.2: Metodă + Strategie Ax.3: Consolidare Ax.4: Mono-disciplinar
E3 EXPLI-CARE (Explain)	O1 O2 O4	Sistematizarea și formalizarea cunoașterii Profesorul sintetizează pe tablă schema conceptuală a lecției: $p = mv \longleftrightarrow H = F \cdot \Delta t \longleftrightarrow \Delta p = H \longleftrightarrow$ Teorema variației impulsului Se prezintă tabelul comparativ al celor două mărimi: Mărimea Expresie Unitate Tip Dependență Impuls mecanic (p) $p = mv$ $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ Vectorial Sistemul de referință Impulsul forței (H) $H = F \cdot \Delta t$ $\text{N} \cdot \text{s}$ Vectorial Direcția forței Se subliniază: $\text{kg} \cdot \text{m/s} = \text{N} \cdot \text{s}$ — echivalența unităților de măsură. Întrebarea conceptuală 1. Determinarea grafică a impulsului forței: Profesorul prezintă graficele $F(t)$ pentru forță constantă și forță variabilă.	7	Explicație sistematică Analiză-sinteză Reprezentare grafică Frontal Panou interactiv. Sistem de evaluare digitală.	Ax.1: Înțelegere + Sinteză Ax.2: Metodă Ax.3: Consolidare Ax.4: Pluri-disciplinar (fizică + matematică — arie grafică)

Etapa 5E / 4DPM	Ob.	Demersul acțional al lecției	Min.	Metodă / Formă / Resurse	Axa 4DPM activată
		? Ce reprezintă aria de sub graficul $F(t)$? → Elevii răspund: impulsul forței. (4DPM — Axa 1, Înțelegere → Sinteză): Reprezentarea grafică activează o formă diferită de cunoaștere față de formula algebrică — elevii fac conexiunea între cele două. (4DPM — Axa 4, Pluri-disciplinar): Aria de sub grafic — concept matematic aplicat fizicii.			
E4 ELABORARE (Elaborate)	O4 O5	Aplicare în contexte cotidiene — transfer de cunoaștere (Peer Instruction) Fiecare pereche de elevi extrage o imagine din Anexa 1 și explică situația folosind conceptele lecției: 🎱 Bila de biliard: impulsul tacului (H) → variația impulsului bilei (Δp) → mișcarea bilei (p) 🚀 Racheta: $H = F \cdot \Delta t$ aplicat gazelor expulzate → legea a III-a Newton → p al rachetei crește ⚽ Fotbalul: interacțiunea picior-minge: H determină Δp al mingii 🤸 Gimnasta: impulsul forței la desprindere → p inițial → mișcare în aer 🛼 Patinatorul: H la împingere → p → alunecare pe gheață Perechile prezintă explicațiile. Colegii oferă feedback. (4DPM — Axa 3, Consolidare + Adaptare parțială): Aplicarea conceptului în 5 contexte diferite = transfer și adaptare — elevul demonstrează că înțelege, nu reproduce. (4DPM — Axa 4, Pluri-disciplinar): Contexte din sport, astronaucică, viața cotidiană — fizica conectată cu experiența reală.	8	Peer Instruction Oferire de feedback reciproc Perechi Imagini situații cotidiene (Anexa 1)	Ax.1: Sinteză Ax.2: Strategie Ax.3: Consolidare + Adaptare Ax.4: Pluri-disciplinar (fizică + sport + astronaucică)
	O4 O5	Rezolvarea situațiilor-problemă (consolidare) Problema 1: $m = 1200 \text{ kg}$, $v_0 = 15 \text{ m/s}$, $a = 2,5 \text{ m/s}^2$, $t = 3 \text{ s}$ → $p = ?$ Elevii rezolvă individual. Profesorul solicită un elev să prezinte soluția la tablă și explică pașii. Verificare: $v = v_0 - a \cdot t = 15 - 7,5 = 7,5 \text{ m/s}$ → $p = mv = 1200 \times 7,5 = 9000 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$ Întrebare conceptuală 2	5	Rezolvare de probleme Individual → Frontal Sarcini diferențiate Instruire mutuală Fișa cu probleme (Anexa 3), educatieinteractiva.md	Ax.1: Sinteză Ax.2: Strategie Ax.3: Consolidare Ax.4: Mono-disciplinar

Etapa 5E / 4DPM	Ob.	Demersul acțional al lecției	Min.	Metodă / Formă / Resurse	Axa 4DPM activată
		Problema 2: $p_0 = 120 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$, $F_f = 48 \text{ N}$ $\rightarrow t = ?$ Elevii rezolvă în perechi. Verificare: $t = p_0/F_f = 120/48 = 2,5 \text{ s}$ Sarcini interactive (diferențiere): Sarcina 1 — Cuvinte încrucișate (educatieinteractiva.md) — toți elevii Sarcina 2 — Cursă de cai (aplicație interactivă) — elevi avansați (4DPM — Axa 1, Sinteză): Rezolvarea de probleme standard = mobilizarea cunoașterii în context nou. (4DPM — Axa 2, Strategie): Diferențierea sarcinilor respectă nivelele cognitive diferite ale elevilor.			
E5 EVALU- ARE (Evaluate)	O1-O5	Evaluare formativă orală — metoda Pixuri în pahar' Profesorul pune 4 întrebări, elevii răspund pe rând (fiecare elev care a răspuns pune pixul în pahar): 1. Ce este impulsul mecanic al unui corp? Caracterizați-l. 2. Ce se numește impulsul forței? Prin ce se deosebește de impulsul mecanic? 3. Formulați teorema variației impulsului. Când este ea mai generală decât $F = ma$? 4. Enumerați modurile de determinare a impulsului forței. Care este interpretarea grafică? (4DPM — Axa 1, Cunoaștere + Înțelegere): Întrebările verifică ambele niveluri cognitive activate în lecție. (4DPM — Axa 2, Paradigmă): Feedbackul bidirecțional profesor-elev este mecanismul central al Învățării Vizibile.	4	Pixuri în pahar Conversație euristică Frontal Fișe cu întrebări	Ax.1: Cunoaștere + Înțelegere Ax.2: Paradigmă (feedback bidirecțional) Ax.3: Consolidare Ax.4: Mono-disciplinar
	O5	Reflecție metacognitivă (4DPM — Axa Cognitivă, Evaluare Critică — inițiere) Elevii completează individual o fișă de reflecție cu 3 întrebări: ● 'Ce am înțeles cel mai bine în lecția de astăzi?' ● 'Ce mi se pare încă neclar sau greu de înțeles?' ● 'Cum pot folosi impulsul mecanic pentru a explica ceva din viața mea de zi cu zi?' (4DPM — Axa 1, Evaluare Critică): Metacogniția — conștientizarea propriului	3	Fișă de reflecție metacognitivă Individual Bilanț frontal	Ax.1: Ev. Critică (inițiere) Ax.2: Paradigmă Ax.3: Adaptare Ax.4: Trans-disciplinar (transfer personal)

Etapa 5E / 4DPM	Ob.	Demersul acțional al lecției	Min.	Metodă / Formă / Resurse	Axa 4DPM activată
		proces de învățare — este prima treaptă spre autonomia în învățare. (4DPM — Axa 3, Adaptare): Aplicarea personalizată în viața proprie = transfer autentic. Bilanțul lecției: Profesorul revine la criteriile de succes scrise la începutul lecției și verifică împreună cu clasa dacă au fost atinse. Ați reușit să definiți? Să deduceți? Să explicați imaginile? Să rezolvați?' — elevi confirmă/completează.			
TEMĂ ACASĂ	—	Nivel 1 — Consolidare (toți elevii): • Studiați manual pag. 92-94. Răspundeți în scris: Depinde impulsul corpului de sistemul de referință ales? Ilustrați prin exemple. • Rezolvați Problema 3 (două cărucioare) și Problema 4 (impulsuri egale) — Anexa 3. Nivel 2 — Adaptare (elevi avansați): • Sarcina 3 interactivă (educatieinteractiva.md — completează tabel). • Elaborați o situație-problemă originală din viața cotidiană care să implice teorema variației impulsului. Prezentați la lecția viitoare. (4DPM — Axa 3, Adaptare + Integrare): Diferențierea temei acasă respectă principiul progresiei cognitive individuale. (4DPM — Axa 4, Pluri-disciplinar): Situația-problemă originală conectează fizica cu experiența personală a elevului.	2	Studiu individual Sarcini diferențiate educatieinteractiva.md	Ax.1: Sinteză + Ev. Critică Ax.2: Strategie Ax.3: Adaptare Ax.4: Pluri-disciplinar

SINTEZA INTEGRĂRII MODELULUI 4DPM ÎN LECȚIE

Axa 4DPM	Nivel 1 activat	Nivel 2 activat	Nivel 3 (parțial)	Cum se manifestă în lecție
Ax.1 Progresie Cognitivă	Cunoaștere	Înțelegere	Sinteză (parțial)	Elevul deduce formulele, nu le primește; rezolvă probleme; explică situații cotidiene.
Ax.2 Metodologii Educaționale	Procedură	Metodă	Strategie	5E + Învățare prin cercetare + Instruire mutuală + Învățare vizibilă + metacogniție.

Ax.3 Dezvoltarea Competențelor	Explorare	Consolidare	Adaptare (parțial)	De la curiozitate (imagini) → înțelegere → aplicare în 5 contexte → reflecție personală.
Ax.4 Complexitate Disciplinară	Mono-disciplinar	Pluri-disciplinar	Inter-disciplinar (temă)	Fizică + matematică (algebră, grafice, arii) + sport + astronomică + transfer personal.

NOTE PENTRU PROFESOR — IMPLEMENTAREA 4DPM

- 1. Criteriile de succes (Visible Learning / Axa 2 — Paradigmă):** Scrieți criteriile pe tablă la începutul lecției și reveniți la ele în E5. Elevii trebuie să știe de la start ce înseamnă să fi înțeles.
- 2. Feedbackul bidirecțional (Axa 2 — Paradigmă):** La fiecare etapă, profesorul nu confirmă doar răspunsurile corecte, ci întreabă: 'De ce?' și 'Cum ai ajuns la asta?' — aceasta activează metacogniția.
- 3. Peer Instruction (Axa 2 — Strategie):** Nu grăbiți discuția în perechi. Discrepanțele dintre răspunsuri sunt mai valoroase decât consensul rapid.
- 4. Fișa de reflecție metacognitivă (Axa 1 — Evaluare Critică):** Nu este temă de acasă. Este completată în clasă, în ultimele 3 minute. Colectați fișele și folosiți-le pentru a adapta lecția următoare.
- 5. Diferențierea (Axa 3 — Adaptare):** Sarcinile interactive de pe educatieinteractiva.md sunt diferențiate. Nu impuneți același ritm tuturor elevilor.
- 6. Trecerea spre inter-disciplinaritate (Axa 4):** La lecția viitoare, elevii care au realizat situații-problemă originale prezintă conexiunile cu domenii din afara fizicii — aceasta marchează trecerea spre nivelul inter-disciplinar.

INTREBAREA CONCEPTUALĂ 1

Două mingi sunt aruncate de la aceeași înălțime și cad pe sol. Mingea A este din cauciuc dur și ricoșează înapoi aproape la aceeași înălțime. Mingea B este din lut moale și rămâne lipită de sol după impact.

Ambele mingi au aceeași masă și aceeași viteză în momentul impactului. Care minge exercită un impuls al forței mai mare asupra solului în timpul impactului?

- Mingea A (cauciuc), deoarece ricoșează, schimbarea de direcție înseamnă o variație mai mare a impulsului mecanic.
- Mingea B (lut), deoarece se oprește complet, toată energia ei se transferă solului.
- Ambele exercită același impuls al forței, deoarece au aceeași masă și aceeași viteză la impact.
- Nu putem determina — depinde de durata impactului, nu de viteză.

ÎNTREBAREA CONCEPTUALĂ 2

Un fotbalist lovește o minge cu piciorul în două moduri diferite:

- Lovitura A: forță mare, contact scurt (lovitură dură, bruscă)
- Lovitura B: forță mai mică, contact mai lung (lovitură împinsă, prelungită)

Dacă mingea pleacă cu aceeași viteză în ambele cazuri, ce puteți afirma despre impulsul forței în cele două situații?

- Impulsul forței este mai mare în cazul A, deoarece forța este mai mare.
- Impulsul forței este mai mare în cazul B, deoarece contactul este mai lung.
- Impulsul forței este același în ambele cazuri, deoarece efectul final (viteza mingii) este identic.
- Nu putem compara — depinde de direcția forței.

Anexa 20. Matricea corelării acțiunilor profesorului și ale elevilor în cadrul Modelului 4-Dimensional (4DPM) de dezvoltare a CIPV

Lecție: Impulsul mecanic. Teorema variației impulsului mecanic al punctului material

Axele modelului 4D	Nivelul 1	Nivelul 2	Nivelul 3	Nivelul 4
Axa cognitivă	Profesorul: formulează întrebări conceptuale simple despre mișcare și interacțiune. Elevul: recunoaște noțiunile de impuls mecanic și impuls al forței.	Profesorul: solicită explicarea relației dintre forță, timp și variația impulsului. Elevul: explică verbal și matematic teorema variației impulsului.	Profesorul: propune situații problemă și exemple experimentale. Elevul: aplică expresiile impulsului mecanic în rezolvarea problemelor.	Profesorul: solicită compararea și interpretarea unor situații reale diferite. Elevul: transferă conceptul impulsului mecanic în contexte noi și reflectează asupra propriului raționament.
Axa metodologică	Profesorul: ghidează observarea imaginilor și deducerea noțiunilor de bază. Elevul: răspunde la întrebări și urmează pașii indicați.	Profesorul: organizează conversații euristice și întrebări conceptuale de tip <i>Peer Instruction</i> . Elevul: formulează ipoteze și discută răspunsurile cu colegii.	Profesorul: propune rezolvarea colaborativă a situațiilor problemă. Elevul: selectează metode de rezolvare și argumentează soluțiile.	Profesorul: oferă sarcini deschise și contexte de reflecție. Elevul: își organizează independent demersul de analiză și verifică validitatea soluțiilor.
Axa competențelor	Profesorul: introduce terminologia și simbolurile specifice impulsului mecanic. Elevul: utilizează corect formulele și unitățile de măsură.	Profesorul: solicită explicarea fenomenelor utilizând limbaj științific. Elevul: comunică relațiile dintre impuls, forță și timp.	Profesorul: corelează conceptele cu situații cotidiene și tehnice. Elevul: explică lansarea rachetei, frânarea automobilului sau mișcarea mingii prin conceptul impulsului.	Profesorul: stimulează autoevaluarea și reflecția asupra strategiilor utilizate. Elevul: analizează eficiența propriului mod de rezolvare și își adaptează abordarea.
Axa complexității disciplinare	Profesorul: utilizează exemple concrete și reprezentări intuitive. Elevul: descrie situații simple de modificare a mișcării.	Profesorul: evidențiază relațiile dintre impuls, forță și variația vitezei. Elevul: stabilește conexiuni între concepte și interpretări grafice.	Profesorul: introduce reprezentări matematice și grafice ale impulsului forței. Elevul: interpretează grafice și utilizează modele matematice în explicații.	Profesorul: propune aplicații interdisciplinare și contexte reale complexe. Elevul: transferă conceptul impulsului mecanic în sport, tehnică și explorare spațială.

Sursa: DABIJA, Viorel. Four-dimensional pedagogical model for the development of lifelong learning skills and its application in the study of linear motion. In: *Învățare activă pentru dezvoltare durabilă*, 15 noiembrie 2024, Chișinău. Chișinău, Republica Moldova: CEP UPS „I.Creangă”, 2024, pp. 130-140. ISBN 978-9975-46-989-0. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/130-140_8.pdf

DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII

Subsemnatul Dabija Viorel declar pe proprie răspundere că materialele prezentate în teza de doctorat *Formarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții în cadrul lecției de fizică* sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice.

Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

Dabija Viorel

9 octombrie 2026

CURRICULUM VITAE

Europass

INFORMAȚII PERSONALE

Nume și prenume

Viorel Dabija

Adresă: satul Măgurele, raionul Ungheni, MD-3633, Republica Moldova

Telefon: (+373) 67649391

E-mail: dabija.viorel95@gmail.com;

dabija.viorel@ungheni.edu.md

Site: <https://sites.google.com/ungheni.edu.md/prof-dabija-viorel/biografie>

Sex: masculin | Data nașterii: 10.03.1995

Locul nașterii: satul Măgurele, Republica Moldova |

Cetățenie: moldoveană

EXPERIENȚĂ PROFESIONALĂ

Angajări permanente

02.01.2026 – prezent

Cercetător științific

Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău

Subprogramul de cercetare „Perspectivă holistică de predare a fizicii: de la concepte fundamentale, spre învățarea activă în vederea înțelegerii conceptuale și a formării competențelor”.

01.09.2023 – prezent

Profesor de fizică

IP Liceul Teoretic „Mihai Eminescu”, Ungheni, Republica Moldova

20.08.2017 – 01.08.2025

Profesor de fizică, matematică și informatică

IP Gimnaziul „Vasile Badiu”, satul Măgurele, raionul Ungheni, Republica Moldova

Angajări și activități de scurtă durată

01.03.2026 – 01.04.2026

Mentor în cadrul atelierelor regionale STEM

Clasa Viitorului, Ungheni, Republica Moldova
Ateliere cu utilizarea tehnologiilor educaționale.

01.09.2025 – 31.05.2026

Profesor de fizică

IP Gimnaziul „Ion Vatamanu”, satul Pîrlița, raionul Ungheni, Republica Moldova

EDUCAȚIE

01.09.2021 – în curs

Studii doctorale în Științe ale educației

Școala doctorală Științe ale Educației, Chișinău,
Republica Moldova

31.08.2017 – 06.07.2019

Studii de master — profesor de matematică

Universitatea de Stat din Tiraspol, cu sediul la
Chișinău

31.08.2013 – 24.06.2017

**Studii de licență — profesor de fizică și
informatică**

Universitatea de Stat din Tiraspol, cu sediul la
Chișinău

31.08.2010 – 24.05.2014

Învățător de clasele primare

Colegiul Pedagogic „Alexandru cel Bun”,
Călărași, Republica Moldova

FORMĂRI DE SCURTĂ DURATĂ

04.04.2022 – 22.04.2022

**Formare continuă — Abordări STE(A)M în
predarea științelor**

Universitatea de Stat din Tiraspol

18.01.2021 – 06.02.2021

Formare continuă la fizică

Universitatea de Stat din Tiraspol

COMPETENȚE PERSONALE

Limba maternă: română

Alte limbi

Limbă	Ascultare	Citire	Conversație	Exprimare orală	Sciere
Rusă	C2	C2	B1	B1	B1
Engleză	A2	A2	A2	A2	A2
Franceză	A1	A1	A1	A1	A1

Niveluri conform Cadrului european comun de referință pentru limbi: A1–A2 — utilizator elementar; B1–B2 — utilizator independent; C1–C2 — utilizator experimentat.

Competențe digitale

Microsoft Office, inclusiv PowerPoint; Windows; Google Drive; Google Classroom; Google Meet; Zoom; Adobe Photoshop. Navigare pe internet, procesarea informațiilor și comunicare prin e-mail, Messenger și Skype; utilizarea rețelelor sociale.