

CZU: 37.091:53

DOI: 10.36120/2587-3636.v43i1.20-37

EFECTELE ÎNTREBĂRILOR CONCEPTUALE ASUPRA STRUCTURII COMPETENȚEI ȘTIINȚIFICE ÎN FIZICĂ LA CLASA A VII-A

Mihail CALALB, dr. conf. univ.

<https://orcid.org/0000-0002-3905-4781>

Viorel DABIJA, drd.

<https://orcid.org/0000-0001-5077-0351>

UPS „Ion Creangă” din Chișinău

Rezumat. Acest studiu pornește de la o întrebare didactică foarte concretă: poate utilizarea sistematică a Întrebărilor Conceptuale, integrate în metoda Instruirii Mutuale, să schimbe nu doar nivelul performanței elevilor, ci însăși structura competenței lor științifice? Cercetarea a fost realizată la clasa a VII a, în cadrul modului „Mișcarea și repausul”, pe un eșantion de 51 de elevi organizați în două clase paralele, într-un design quasi-experimental. Evaluarea a vizat patru componente ale competenței științifice: înțelegerea conceptuală, cunoașterea unităților de măsură, aplicarea formulelor la rezolvarea problemelor și reprezentarea și interpretarea graficelor. Rezultatele arată că intervenția nu produce doar diferențe izolate, ci influențează constructul general al competenței științifice. Analiza multivariată indică un efect semnificativ al tipului de instruire asupra ansamblului componentelor. Analiza factorială confirmă existența unui factor comun în ambele grupuri, dar cu organizări diferite, în funcție de eșantionul experimental. În termeni didactici, diferențele atestate sugerează o trecere de la o competență predominant procedurală la una mai integrată și funcțional conceptuală.

Cuvinte-cheie: întrebări conceptuale, instruire mutuală, competență științifică, structura competenței, predarea fizicii.

THE EFFECTS OF CONCEPTUAL QUESTIONS ON THE STRUCTURE OF SCIENTIFIC COMPETENCE IN 7TH GRADE PHYSICS

Abstract. This study starts from a very concrete didactic question: can the systematic use of Conceptual Questions, integrated into the Peer Instruction method, change not only the level of students' performance, but the very structure of their scientific competence? The research was conducted in Grade 7, within the module *Motion and Rest*, on a sample of 51 students organized in two parallel classes, using a quasi-experimental design. The assessment targeted four components of scientific competence: conceptual understanding, knowledge of measurement units, application of formulas in problem solving, and graphical representation and interpretation. The results show that the intervention does not produce only isolated differences, but influences the overall construct of scientific competence. The multivariate analysis indicates a significant effect of the type of instruction on the set of components. The factor analysis confirms the existence of a common factor in both groups, but with different organizations, depending on the experimental sample. In didactic terms, the attested differences suggest a shift from a predominantly procedural competence to a more integrated and functionally conceptual one.

Key words: conceptual questions; peer instruction; scientific competence; competence structure; physics education.

1. Introducere

În contextul orientării educației spre dezvoltarea competențelor de învățare pe tot parcursul vieții (CIPV), formarea competenței științifice în cadrul lecțiilor de fizică devine o problemă esențială a practicii didactice. Deși rezultatele școlare sunt adesea evaluate prin rezolvarea de probleme numerice, numeroase cercetări arată că performanța algoritmică nu garantează existența unei structuri conceptuale coerente. În acest cadru, problema abordată de prezentul studiu vizează raportul dintre utilizarea sistematică a Întrebărilor Conceptuale (IC) și modul de dezvoltare și organizare internă a competenței științifice la elevii de gimnaziu.

Cercetarea a fost realizată în contextul predării modulului „Mișcarea și repaosul” în clasa a VII-a și a urmărit cercetarea efectelor aplicării constante a IC, integrate în metoda Instruirii Mutuale (IM) (*Peer Instruction*), asupra formării CIPV. Scopul principal a fost examinarea impactului intervenției atât la nivelul performanțelor specifice domeniului, cât și la nivelul structurii interne a competenței științifice. În acest scop au fost analizate patru componente: înțelegerea conceptuală, cunoașterea unităților de măsură, aplicarea formulelor și reprezentarea grafică.

Ipotezele cercetării au presupus existența unor diferențe semnificative între grupul experimental și grupul de control în ceea ce privește dezvoltarea acestor componente, precum și posibilitatea unei reorganizări interne a constructului competenței științifice sub influența intervenției. Designul cercetării a fost quasi experimental, cu două clase paralele existente, fără randomizare individuală, evaluarea fiind realizată printr-un test sumativ comun aplicat la finalul modulului.

Metodologic, analiza datelor a inclus statistici descriptive, teste t pentru eșantioane independente, ANOVA factorială cu doi factori, analiză multivariată MANOVA, corelații Pearson, analiză factorială exploratorie și estimarea consistenței interne prin coeficienți de fiabilitate. Acest demers analitic a permis investigarea atât a diferențelor de performanță, cât și a modului de articulare internă a componentelor competenței.

Implicațiile didactice analizate privesc proiectarea lecțiilor centrate pe clarificarea relațiilor dintre concepte, formule și reprezentări grafice, precum și rolul IC în susținerea unei organizări funcționale a cunoașterii fizicii, dincolo de simpla creștere a scorurilor la evaluare.

2. Cadrul teoretic

2.1 CIPV și statutul competenței științifice în predarea fizicii

CIPV constituie un cadru de referință pentru reorganizarea finalităților educației contemporane, deplasând accentul de la acumularea de conținuturi către formarea capacității de a utiliza cunoașterea în contexte variate și imprevizibile. Recomandarea Consiliului Uniunii Europene subliniază rolul competențelor cheie în dezvoltarea

autonomiei intelectuale, a gândirii critice și a participării active la viața socială [8]. În acest context, competența științifică dobândește un statut central în predarea fizicii, fiind asociată nu doar cu stăpânirea limbajului specific și a formalismului matematic, ci și cu înțelegerea relațiilor dintre concepte și fenomene.

Cercetările din domeniul physics education arată că diferența dintre performanța algoritmică și înțelegerea conceptuală este semnificativă, iar evaluările bazate pe instrumente conceptuale evidențiază limitele instruirii centrate exclusiv pe rezolvarea de probleme [11]. Analizele sistematice privind educația științifică la nivel preuniversitar subliniază importanța dezvoltării interesului, motivației și a unei atitudini reflexive față de știință, ca dimensiuni complementare performanței cognitive [14]. În Republica Moldova, cercetările recente realizate în contextul predării fizicii evidențiază faptul că utilizarea IC și a instruirii mutuale poate conduce la restructurarea cunoașterii și la câștiguri structurale la nivelul competenței științifice, depășind progresul strict cantitativ al scorurilor [4].

2.2 Structura internă a competenței științifice în fizică

Competența științifică în fizică poate fi conceptualizată ca o structură internă organizată în jurul relațiilor dintre concepte fundamentale, proceduri de rezolvare și reprezentări simbolice. Studiile clasice privind diferențele dintre experți și novici arată că performanța superioară este asociată cu organizarea cunoașterii în jurul principiilor conceptuale și nu al caracteristicilor de suprafață ale problemelor (Chi et al., 1981). Din perspectiva predării fizicii, învățarea eficientă presupune activarea și restructurarea resurselor cognitive ale elevilor, astfel încât conceptele să devină noduri explicative stabile în rețeaua lor de cunoaștere [10].

În predarea fizicii, această organizare a competenței științifice implică integrarea noțiunilor în jurul Ideilor Științifice Mari, care funcționează ca repere structurante și reduc fragmentarea conținuturilor. Aplicarea sistematică a IC facilitează explicitarea relațiilor dintre concepte, formule și reprezentări grafice, contribuind la consolidarea unei arhitecturi cognitive coerente [7]. Astfel putem afirma că structura internă a competenței științifice reflectă nu doar acumularea de cunoștințe, ci modul de organizare și interconectare a acestora în cadrul înțelegerii fizicii.

2.3 Înțelegerea conceptuală în fizică

Înțelegerea conceptuală în fizică desemnează capacitatea elevilor de a opera cu semnificațiile conceptelor, de a explica relațiile dintre mărimi și de a utiliza principiile fizice în situații noi, dincolo de aplicarea mecanică a formulelor. Cercetările din physics education au arătat că succesul în rezolvarea problemelor numerice nu implică automat o structură conceptuală coerentă, iar concepțiile alternative pot persista chiar și după instruire formală [12, 9]. În acest sens, învățarea orientată spre înțelegere presupune confruntarea

explicită a ideilor inițiale ale elevilor și construirea progresivă a relațiilor cauzale dintre concepte.

În contextul educațional din Republica Moldova, lucrările dedicate competenței de cunoaștere științifică evidențiază atât rolul fundamentării epistemologice și curriculare a acestui construct în disciplinele școlare, cât și necesitatea utilizării metodelor interactive, precum problematizarea, pentru a sprijini dezvoltarea unei înțelegeri autentice a conceptelor științifice [1, 2].

2.4 Întrebările Conceptuale în predarea fizicii

IC constituie un instrument esențial al abordărilor interactive din predarea fizicii, fiind orientate spre explorarea modului în care elevii își construiesc și utilizează resursele conceptuale în interpretarea fenomenelor fizice. Cercetările recente arată că înțelegerea fizicii nu presupune simpla acumulare de informații, ci activarea și reorganizarea structurilor cognitive existente ale elevilor, proces care poate fi susținut prin itemi centrați pe relații conceptuale și explicații cauzale [15].

Integrarea sistematică a IC în cadrul metodei IM a demonstrat efecte consistente asupra câștigurilor conceptuale și asupra coerenței raționamentului elevilor [6]. Analizele de implementare bazate pe cercetare evidențiază că eficiența acestor întrebări depinde de calitatea discuției dintre elevi și de focalizarea pe clarificarea principiilor fundamentale, nu doar pe obținerea unui răspuns corect [16].

Rezultatele cercetărilor noastre recente arată că utilizarea combinată a IC și a instruirii mutuale poate produce îmbunătățiri semnificative la nivelul cunoașterii teoretice, axiologice și aplicative, contribuind la consolidarea globală a competenței științifice [3].

3. Cadru conceptual al cercetării

Reieșind din cadrul teoretic privind formarea CIPV în predarea fizicii, vom formula obiectivele și ipotezele care structurează acest experiment didactic. Astfel, obiectivele și ipotezele cercetării rezultă direct din problematica mai largă a CIPV. De asemenea, cercetarea urmărește operaționalizarea IC în contextul impactului asupra competenței științifice, pe exemplul modulul Mișcarea și repaosul din clasa a VII-a.

Scopul cercetării. Această cercetare a avut drept scop de bază investigarea efectelor aplicării constante a IC în predarea modulului *Mișcarea și repaosul* în clasa a VII-a asupra formării CIPV, analizate atât la nivelul performanțelor specifice domeniului, cât și la nivelul structurii interne a competenței științifice.

Obiectivele specifice:

- Să se examineze în ce măsură aplicarea IC influențează dezvoltarea componentelor competenței științifice relevante pentru CIPV, respectiv: înțelegerea conceptuală,

operarea cu mărimi și unități, aplicarea formalismului matematic și utilizarea reprezentărilor grafice în fizică.

- Să investigheze efectul aplicării IC asupra constructului general al competenței științifice a elevilor, prin analiza relațiilor dintre cele patru componente ale acesteia și a organizării lor interne.

Ipotezele cercetării:

H₁. Aplicarea constantă a IC în predarea modului *Mișcarea și repaosul* determină diferențe semnificative în dezvoltarea componentelor competenței științifice relevante pentru CIPV

H₂. Comparativ cu instruirea tradițională, aplicarea IC influențează organizarea internă a constructului general al competenței științifice, conducând la un model diferit de articulare și corelare a celor patru componente ale acesteia.

4. Metodologia cercetării

4.1 Participanții

Eșantionul cercetării a fost constituit din 51 de elevi din ciclul gimnazial, provenind din cadrul Liceului Teoretic „Mihai Eminescu” din municipiul Ungheni. Toți participanții erau elevi ai clasei a VII-a și aveau vârsta medie de 14 ani la momentul desfășurării intervenției didactice.

Alegerea acestei cohorte școlare a fost determinată de parcurgerea modului „Mișcarea și repaosul”, conținut care oferă un cadru adecvat pentru operaționalizarea IC în contextul dezvoltării competenței științifice și al componentelor relevante pentru CIPV.

Elevii au fost organizați în două clase paralele existente în structura instituției școlare: clasa a VII-D, constituită ca grup experimental, N = 27 elevi; clasa a VII-B, constituită ca grup de control, N = 24 elevi. Repartizarea nu a fost realizată prin randomizare individuală, ci a urmat structura administrativă existentă a claselor, ceea ce încadrează cercetarea într-un design quasi experimental, așa cum este precizat în secțiunea metodologică.

Grupul experimental a beneficiat de aplicarea constantă a IC în cadrul metodei IM, în timp ce grupul de control a parcurs același modul prin instruire tradițională, fără integrarea sistematică a acestui tip de itemi.

În eșantion au fost incluși elevii care au îndeplinit cumulativ următoarele criterii: frecventarea integrală a modului „Mișcarea și repaosul”; participarea la evaluarea finală aplicată ambelor grupuri; absența unor adaptări curriculare individualizate care ar fi modificat substanțial conținutul sau nivelul sarcinilor de învățare.

Nu au fost aplicate criterii de selecție suplimentare privind performanța școlară inițială, nivelul socio-economic sau alte variabile contextuale, întrucât scopul cercetării a vizat investigarea efectului intervenției în condiții reale de clasă, păstrând caracterul natural al grupurilor.

În absența unui pre-test formal, echivalența inițială a grupurilor a fost apreciată pe baza următoarelor argumente metodologice: apartenența la aceeași instituție de învățământ și la același nivel de studiu; parcurgerea aceleiași curriculum național, în aceeași perioadă școlară; dimensiuni comparabile ale grupurilor; distribuții relativ similare ale performanțelor globale, sugerate de indicatorii descriptivi și de analiza diferențială pentru componentele competenței științifice. Astfel, absența diferențelor semnificative pentru majoritatea componentelor analizate, precum și lipsa interacțiunii dintre tipul de instruire și nivelul elevilor în analiza factorială, susțin ipoteza unei echivalențe funcționale inițiale între cele două clase, ceea ce permite interpretarea diferențelor identificate ulterior în termenii intervenției didactice aplicate.

4.2 Design-ul cercetării

Cercetarea a fost realizată în cadrul modului „Mișcarea și repausul”, prevăzut în curriculumul clasei a VII-a, cu o alocare totală de 12 ore didactice. Distribuirea conținuturilor și succesiunea lecțiilor au fost identice în cele două clase, fiind respectată planificarea curriculară oficială recomandată de [13].

Studiul a avut un design quasi experimental, cu două condiții de instruire comparate la finalul modului. Diferența sistematică dintre condiții a fost introdusă exclusiv la nivelul strategiei didactice utilizate în procesul de predare învățare.

Cercetarea are caracter transversal, întrucât evaluarea competenței științifice a fost realizată la un singur moment, printr-un test sumativ aplicat la finalul intervenției.

Structura modului a fost următoarea: o oră a fost destinată lucrării de laborator; o oră a fost alocată evaluării sumative; 10 ore au fost dedicate predării conținuturilor tematice.

În condiția experimentală, pe parcursul celor 10 ore de predare, au fost integrate sistematic câte 2 sau 3 IC pe lecție, în cadrul metodei IM. Lecțiile au fost organizate secvențial, fiecare secvență fiind centrată pe clarificarea unei noțiuni fundamentale sau a unei Idei Științifice Mari, precum: punct material, traiectorie, viteză, viteză medie, mișcare rectilinie uniformă, reprezentarea grafică a mișcării.

Fiecare secvență a urmat structura specifică metodei IM:

- prezentarea noțiunii sau relației fizice
- formularea unei IC pentru verificarea înțelegerii
- răspuns individual
- discuție între elevi
- revotare și clarificare finală.

În condiția de control, aceleași conținuturi au fost parcurse prin instruire tradițională, fără integrarea sistematică a IC și fără secvențele de discuție specifice metodei IM.

Variabila independentă a fost tipul de instruire, operaționalizat prin aplicarea sistematică a IC în cadrul metodei IM, comparativ cu instruirea tradițională.

Variabilele dependente au fost cele patru componente ale competenței științifice:

- înțelegerea conceptuală
- cunoașterea unităților de măsură
- aplicarea formulelor
- reprezentarea grafică.

Evaluarea a fost realizată printr-un test sumativ comun ambelor condiții. Structura testului a fost următoarea:

- 2 itemi pentru verificarea înțelegerii conceptuale
- 1 item pentru cunoașterea unităților de măsură
- 2 itemi pentru aplicarea formulelor, incluzând o problemă simplă și o problemă cu trei cerințe
- 2 itemi pentru reprezentarea grafică sau analiza graficului mișcării.

Prin această structură, instrumentul de evaluare reflectă direct modelul teoretic al competenței științifice folosit în această cercetare.

5. Analiza datelor colectate

5.1 Efectele intervenției asupra performanței pe componente

În această secțiune sunt analizate diferențele dintre grupul experimental și grupul de control la nivelul fiecărei componente a competenței științifice, în vederea verificării ipotezei privind impactul aplicării IC asupra performanțelor elevilor. Analiza urmărește atât profilul descriptiv al rezultatelor (vezi Tab. 1), cât și semnificația statistică și mărimea efectelor identificate, pentru a evidenția natura și specificitatea influenței intervenției didactice.

Tabel 1. Statistica descriptivă în clasa a VII-a

	Înțelegerea Conceptuală		Unități de Măsură		Aplicarea Formulelor		Reprezentarea Grafică	
	Control	Exp	Control	Exp	Control	Exp	Control	Exp
Nr. participanți	24	27	24	27	24	27	24	27
Media	2.833	3.111	1.167	2.222	5.000	6.778	3.417	4.037
Dev. std.	1.435	1.577	1.129	1.086	3.297	3.935	2.165	2.473
Asimetria	0.125	-0.388	0.435	-1.062	-0.318	-0.042	0.194	0.366
Er. Std. asimetrie	0.472	0.448	0.472	0.448	0.472	0.448	0.472	0.448
Kurtosis	0.048	-0.431	-1.204	-0.316	-1.056	-0.923	-0.594	-0.510
Er. Std. Kurtosis	0.918	0.872	0.918	0.872	0.918	0.872	0.918	0.872
Shapiro-Wilk	0.939	0.943	0.837	0.720	0.906	0.957	0.954	0.951
p - Shapiro-Wilk	0.159	0.147	0.001	< .001	0.029	0.309	0.328	0.231

Tabelul 1 prezintă statisticile descriptive pentru cele patru componente analizate în clasa a VII-a, în grupul de control și în grupul experimental, ambele având dimensiuni

comparabile ($N = 24$, respectiv $N = 27$). Pentru toate componentele investigate, mediile grupului experimental sunt mai ridicate decât cele ale grupului de control, diferențele fiind mai moderate la nivelul înțelegerii conceptuale și mai pronunțate în cazul cunoașterii unităților de măsură și al aplicării formulelor.

Valorile deviației standard indică o variabilitate ușor mai mare a scorurilor în grupul experimental, în special pentru aplicarea formulelor și reprezentarea grafică, ceea ce sugerează răspunsuri diferențiate ale elevilor la sarcinile propuse. Indicatorii de formă ai distribuțiilor arată valori ale asimetriei apropiate de zero și valori negative ale kurtosis pentru majoritatea variabilelor, caracteristici compatibile cu distribuții relativ simetrice și ușor aplatizate.

Testul Shapiro–Wilk evidențiază abateri de la normalitate pentru unele variabile, în special în cazul cunoașterii unităților de măsură, însă aceste rezultate sunt interpretate în contextul naturii discrete a scorurilor și al dimensiunii eșantionului, fiind considerate acceptabile pentru analizele inferențiale ulterioare.

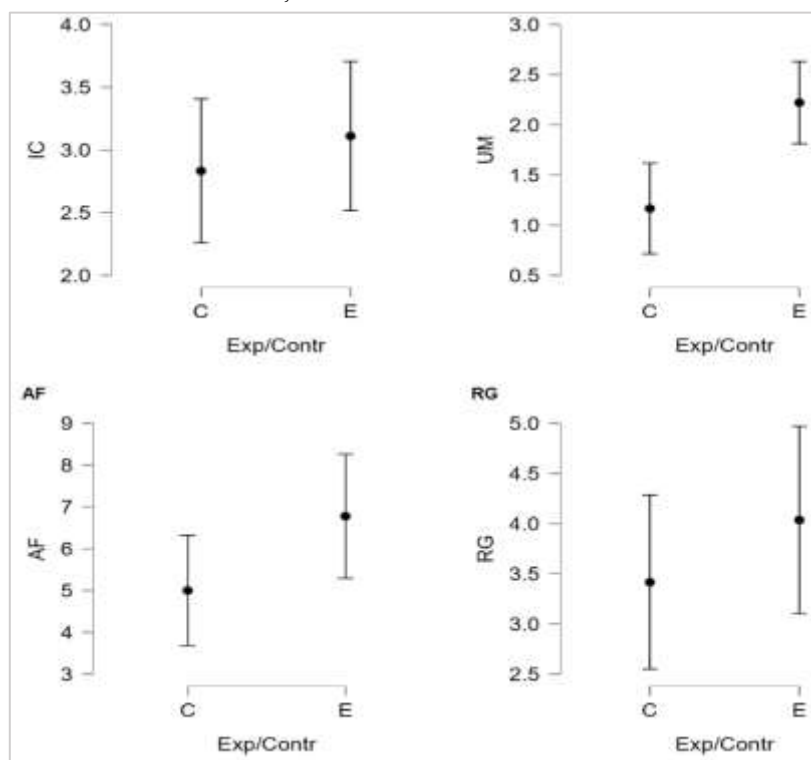


Figura 1. Mediile și intervalele de încredere pentru componentele competenței științifice

(IC – înțelegerea conceptuală, UM – unitățile de măsură, AF – aplicarea formulelor, RG – reprezentarea grafică)

Figura 1 prezintă mediile și intervalele de încredere de 95% pentru cele patru componente analizate în clasa a VII-a: înțelegerea conceptuală (IC), cunoașterea unităților de măsură (UM), aplicarea formulelor (AF) și reprezentarea grafică (RG), comparativ pentru grupul de control și grupul experimental. Pentru toate componentele, mediile

grupului experimental sunt mai ridicate decât cele ale grupului de control, iar intervalele de încredere oferă o imagine asupra variabilității scorurilor în cele două grupuri.

Pentru a examina diferențele dintre grupul de control și grupul experimental la nivelul fiecărei componente analizate, a fost aplicat testul t pentru eșantioane independente, separat pentru înțelegerea conceptuală, cunoașterea unităților de măsură, aplicarea formulelor și reprezentarea grafică. Rezultatele sunt sintetizate în Tabelul 2, împreună cu mărimile efectului și intervalele de încredere corespunzătoare.

Tabelul 2. Testul t pentru eșantioane independente (clasa a VII-a)

Componenta	t	df	p	Cohen's d	IC 95% d
IC	0.66	49	0.516	0.18	[0.00, 0.37]
UM	3.40	49	0.001	0.95	[0.37, 1.53]
AF	1.74	49	0.089	0.49	[0.00, 1.04]
RG	0.95	49	0.348	0.27	[0.00, 0.82]

Rezultatele testului t indică un profil diferențiat al efectelor în funcție de componenta analizată. Pentru cunoașterea unităților de măsură, diferența dintre grupuri este semnificativă statistic și este însoțită de o mărime mare a efectului. În cazul aplicării formulelor, diferența se apropie de pragul de semnificație, fiind asociată cu un efect de mărime medie. Pentru înțelegerea conceptuală și reprezentarea grafică, diferențele dintre grupuri nu ating nivelul de semnificație statistică, iar mărimile efectului sunt reduse, indicând variații limitate între cele două grupuri.

Pentru a examina simultan efectul tipului de instruire și al nivelului elevilor asupra celor patru componente analizate, a fost aplicată o ANOVA factorială cu doi factori (Exp/Contr $\times$ HML), separat pentru fiecare componentă. Tabelul 3 sintetizează valorile testului F , nivelurile de semnificație și mărimile efectului pentru efectele principale și pentru interacțiunea dintre factori.

Tabelul 3. Rezultatele ANOVA factoriale (Exp/Contr $\times$ HML) în clasa a VII-a

Factor	IC	UM	AF	RG
HML	F(2,46)=14.49 p<.001 $\eta^2=0.382$	F(2,46)=10.17 p<.001 $\eta^2=0.264$	F(2,46)=28.93 p<.001 $\eta^2=0.548$	F(2,46)=25.77 p<.001 $\eta^2=0.527$
Exp/Contr	F(1,46)=0.01 p=.938 $\eta^2<.001$	F(1,46)=10.56 p=.002 $\eta^2=0.137$	F(1,46)=1.64 p=.207 $\eta^2=0.016$	F(1,46)=0.02 p=.901 $\eta^2<.001$
HML $\times$ Exp/Contr	F(1,46)=0.90 p=.347 $\eta^2=0.012$	F(1,46)=0.00 p=.950 $\eta^2<.001$	F(1,46)=0.03 p=.860 $\eta^2<.001$	F(1,46)=0.23 p=.636 $\eta^2=0.002$

Tabelul 3 sintetizează rezultatele analizelor ANOVA factoriale (Exp/Contr $\times$ HML) realizate separat pentru cele patru componente investigate: înțelegerea conceptuală (IC), cunoașterea unităților de măsură (UM), aplicarea formulelor (AF) și reprezentarea grafică (RG). Pentru fiecare componentă sunt raportate efectele principale ale nivelului elevilor

(HML), ale tipului de instruire (Exp/Contr), precum și efectul interacțiunii dintre cei doi factori, prin valorile F , nivelurile de semnificație p și mărimile efectului η^2 .

În cazul tuturor celor patru componente, nivelul elevilor (HML) prezintă un efect principal semnificativ statistic ($p < .001$), cu mărimi ale efectului de la medii la mari (η^2 între 0.264 și 0.548). Acest rezultat indică diferențe consistente între elevii cu nivel scăzut, mediu și ridicat, diferențe care explică o proporție substanțială din variația performanțelor. Prin urmare, nivelul elevilor reprezintă un factor structural major în organizarea rezultatelor pentru toate componentele analizate.

Efectul principal al tipului de instruire (Exp/Contr) este semnificativ statistic doar în cazul cunoașterii unităților de măsură (UM), unde valoarea $F(1,46)=10.56$, $p=.002$ și $\eta^2=0.137$ indică un efect de mărime medie. Pentru celelalte componente (IC, AF și RG), efectul tipului de instruire nu atinge pragul de semnificație statistică, iar valorile foarte reduse ale lui η^2 sugerează o contribuție limitată a acestui factor la variația scorurilor respective.

Interacțiunea dintre tipul de instruire și nivelul elevilor ($HML \times Exp/Contr$) nu este semnificativă pentru niciuna dintre componentele analizate, valorile F fiind reduse, iar mărimile efectului foarte mici ($\eta^2 \leq 0.012$). Absența acestui efect indică faptul că relațiile dintre categoriile de elevi (Low, Medium, High) rămân stabile indiferent de tipul de instruire, iar intervenția didactică nu a modificat ierarhia performanțelor între niveluri.

Astfel, putem afirma că Tabelul 3 evidențiază un profil diferențiat al factorilor analizați: nivelul elevilor are un impact consistent și substanțial asupra tuturor componentelor, în timp ce efectul tipului de instruire este limitat la o componentă specifică, fără a interacționa semnificativ cu nivelul elevilor. Această structură a rezultatelor oferă un cadru clar pentru interpretările ulterioare privind natura și specificitatea efectelor intervenției didactice.

5.2 Efectul global al intervenției asupra componentelor competenței științifice

Pentru a evalua efectul global al tipului de instruire asupra ansamblului componentelor analizate, a fost aplicată o analiză MANOVA, având ca variabile dependente înțelegerea conceptuală, cunoașterea unităților de măsură, aplicarea formulelor și reprezentarea grafică, iar ca factor fix tipul de instruire (Exp/Contr). Rezultatele sunt raportate utilizând două criterii multivariate consacrate, Pillai's Trace și Wilks' Lambda, pentru a asigura robustețea interpretării efectului multivariat observat. Sinteza acestor rezultate este prezentată în Tabelul 4.

Tabelul 4. Rezultatele MANOVA pentru efectul tipului de instruire (Exp/Contr)

Criteriu multivariat	Valoarea statistică	F	df	p
Pillai's Trace	0.196	2.81	(4, 46)	0.036
Wilks' Lambda	0.804	2.81	(4, 46)	0.036

Tabelul 4 prezintă valorile statisticilor multivariate asociate efectului tipului de instruire asupra profilului cognitiv al elevilor. Pentru criteriul Pillai's Trace, valoarea statisticii (0.196) indică proporția din variația multivariată totală a celor patru componente care poate fi atribuită diferenței dintre grupul experimental și grupul de control. Valoarea corespunzătoare a testului F, $F(4,46)=2.81$, exprimă raportul dintre variația explicată de tipul de instruire și variația reziduală, iar nivelul de semnificație $p=0.036$ arată că acest efect multivariat este improbabil să fi apărut întâmplător. Criteriul Wilks' Lambda confirmă același rezultat, valoarea $\Lambda=0.804$ indicând existența unei diferențe globale între grupuri, susținută de aceeași valoare a statisticii F și de același nivel de semnificație. Concordanța dintre cele două criterii multivariate sugerează stabilitatea și consistența efectului global al tipului de instruire asupra ansamblului componentelor analizate.

5.3 Structura internă a competenței științifice

Pentru a examina structura internă a competenței științifice și modul în care componentele acesteia se relaționează între ele în funcție de contextul didactic, a fost realizată o analiză a corelațiilor Pearson între înțelegerea conceptuală, cunoașterea unităților de măsură, aplicarea formulelor și reprezentarea grafică, separat pentru clasa experimentală și clasa de control. Rezultatele sunt sintetizate în Tabelul 5, care permite o comparație directă a intensității relațiilor dintre componente în cele două grupuri.

Tabelul 5. Corelațiile Pearson între componentele competenței științifice în clasele experimentală și de control

Pereche de componente	Coeficient Pearson r (Experimental)	Coeficient Pearson r (Control)	Mărimea corelației
IC – UM	0.14	0.21	nesemnificativă în ambele grupuri
IC – AF	0.49	0.54	corelație moderată în ambele grupuri
IC – RG	0.42	0.42	relație stabilă
UM – AF	0.41	0.56	mai puternică în control
UM – RG	0.37	0.45	diferență de context
AF – RG	0.57	0.60	corelație puternică

Datele din Tabelul 5 arată că relația dintre înțelegerea conceptuală (IC) și cunoașterea unităților de măsură (UM) este slabă în ambele grupuri, cu valori ale coeficientului Pearson de $r = 0.14$ în clasa experimentală și $r = 0.21$ în clasa de control, indicând o asociere redusă și nesemnificativă statistic. În schimb, corelația dintre IC și aplicarea formulelor (AF) este moderată în ambele contexte, având valori apropiate ($r = 0.49$ în experimental și $r = 0.54$ în control), sugerând o legătură funcțională consistentă între înțelegerea conceptelor și utilizarea formalismului matematic. Relația dintre IC și reprezentarea grafică (RG) prezintă valori similare în cele două grupuri ($r = 0.42$ în ambele cazuri), indicând o stabilitate a acestei asocieri independent de tipul de instruire. Corelațiile care implică UM sunt în

general mai moderate, însă diferențiate contextual: legătura UM–AF este mai puternică în clasa de control ($r = 0.56$) comparativ cu clasa experimentală ($r = 0.41$), iar relația UM–RG variază de la $r = 0.37$ în experimental la $r = 0.45$ în control. Cele mai ridicate valori ale corelațiilor apar între AF și RG, cu $r = 0.57$ în clasa experimentală și $r = 0.60$ în clasa de control, evidențiind o asociere puternică între competențele de operare formală și reprezentare vizuală în ambele contexte educaționale.

Pentru a investiga structura latentă a competenței științifice și modul în care aceasta diferă în funcție de tipul de instruire, a fost realizată o analiză factorială exploratorie separată pentru grupul experimental și grupul de control. Tabelul 6 sintetizează rezultatele obținute, incluzând încărcările factoriale ale fiecărei componente, valorile de unicitate, precum și indicatorii globali ai adecvării modelului factorial.

**Tabelul 6. Analiza factorială exploratorie a competenței științifice
în clasele experimentală și de control**

Componenta competenței științifice	Clasa experimentală		Clasa de control	
	Încărcare factorială	Unicitate	Încărcare factorială	Unicitate
AF	0.807	0.348	0.929	0.138
RG	0.724	0.476	0.698	0.513
IC	0.524	0.725	0.542	0.706
UM	0.463	0.786	0.576	0.668
Eigenvalue	2.188		2.408	
Varianță explicată (%)	41.6		49.4	
χ^2 (df = 2)	0.968		1.506	
p (χ^2)	0.616		0.471	

Notă: Analiza factorială exploratorie a fost realizată separat pentru fiecare grup, utilizând metoda *Principal Axis Factoring*, rotație oblică (*promax*), pe baza matricei de corelații.

Toate încărcările factoriale depășesc pragul minim de 0.40

Datele prezentate în Tabelul 6 indică o structură unifactorială a competenței științifice în ambele grupuri, însă cu organizări interne distincte. În clasa experimentală, factorul latent explică 41.6 % din varianța totală (eigenvalue = 2.188), fiind definit în principal de aplicarea formulelor (0.807) și reprezentarea grafică (0.724), urmate de înțelegerea conceptuală (0.524), în timp ce unitățile de măsură prezintă cea mai redusă încărcare (0.463) și cea mai mare unicitate (0.786). În clasa de control, factorul explică o proporție mai mare din varianță (49.4 %, eigenvalue = 2.408), fiind dominat clar de aplicarea formulelor (0.929), cu contribuții moderate ale reprezentării grafice (0.698), unităților de măsură (0.576) și înțelegerii conceptuale (0.542). Valorile nesemnificative ale testului χ^2 în ambele grupuri ($p = 0.616$ în experimental, respectiv $p = 0.471$ în control) confirmă adecvarea soluției factoriale. Diferențele dintre profilurile de încărcare sugerează o competență mai echilibrată structural în grupul experimental și una mai condensată procedural în grupul de control.

În vederea investigării structurii latente a competenței științifice, a fost realizată o analiză factorială exploratorie (EFA) separată pentru clasa experimentală și clasa de control, având ca variabile componentele IC, UM, AF și RG. Numărul de factori a fost determinat pe baza analizei paralele, iar extracția s-a realizat pe matricea de corelații, cu rotație oblică de tip promax, presupunând corelarea componentelor. În ambele grupuri a fost identificată o structură unifactorială, ceea ce susține ipoteza existenței unui construct comun al competenței științifice, însă cu ponderi diferite ale componentelor în funcție de contextul didactic.

**Tabelul 7. Consistența internă a competenței științifice
în clasele experimentală și de control**

Clasa	Coefficient McDonald ω	IC 95% ω	Coefficient Cronbach α	IC 95% α	Interpretare
Experimentală	0.775	[0.605, 0.945]	0.667	[0.501, 0.834]	consistență internă bună
Control	0.850	[0.728, 0.972]	0.736	[0.640, 0.832]	consistență internă bună spre foarte bună

Datele prezentate în Tabelul 7 indică o consistență internă bună a constructului competenței științifice în ambele grupuri, cu diferențe relevante din punct de vedere interpretativ. În clasa experimentală, coeficientul McDonald ω are valoarea 0.775, cu un interval de încredere de 95% cuprins între 0.605 și 0.945, iar coeficientul Cronbach α este 0.667 [0.501; 0.834], valori care indică o omogenitate satisfăcătoare a componentelor, în condițiile unei dezvoltări diferențiate a acestora sub influența intervenției didactice. În clasa de control, consistența internă este mai ridicată, cu $\omega = 0.850$ [0.728; 0.972] și $\alpha = 0.736$ [0.640; 0.832], sugerând un construct mai uniform, însă această coerență este asociată unor niveluri de performanță globală mai scăzute. Acest rezultat indică faptul că, în absența intervenției, componentele competenței tind să evolueze în mod paralel, fără diferențieri structurale semnificative, în timp ce instruirea prin întrebări conceptuale conduce la o structurare mai nuanțată a competenței, chiar dacă aceasta reduce omogenitatea internă măsurată strict statistic.

6. Discutarea și analiza rezultatelor

Analiza rezultatelor este structurată pe baza unui model explicativ integrat, care combină efectele diferențiale identificate prin ANOVA factorială, relațiile dintre componente evidențiate prin corelații, structura latentă investigată prin analiza factorială exploratorie și consistența internă evaluată prin coeficienți de fiabilitate. Rezultatele ANOVA au indicat un efect principal robust al nivelului elevilor pentru toate cele patru componente ale competenței științifice, precum și un efect specific al intervenției didactice asupra anumitor dimensiuni, sugerând o dezvoltare diferențiată a competenței în funcție de

contextul de instruire. Analiza corelațiilor a arătat că relațiile dintre componente nu sunt uniforme, unele dimensiuni, precum AF și RG, fiind puternic intercorelate, în timp ce UM prezintă legături mai slabe, confirmând caracterul său mai degrabă instrumental și accesibil. Analiza factorială exploratorie, realizată separat pentru cele două grupuri, a evidențiat o structură unifactorială a competenței științifice în ambele cazuri, însă cu ponderi factoriale diferite ale componentelor, reflectând influența intervenției asupra organizării interne a constructului. În fine, analiza fiabilității a arătat că, deși clasa de control prezintă o consistență internă mai ridicată, aceasta este asociată unei structuri mai omogene, dar mai puțin diferențiate funcțional, în timp ce clasa experimentală manifestă o coerență internă satisfăcătoare concomitent cu o structurare mai complexă a competenței. În ansamblu, aceste rezultate susțin ideea că intervenția didactică nu produce doar creșteri cantitative ale performanței, ci reconfigurează modul de articulare internă a componentelor competenței științifice, conducând la un construct mai funcțional și mai sensibil la cerințele înțelegerii conceptuale.

Astfel, poate fi formulată o schemă conceptuală narativă a modelului rezultat în urma cercetării efectelor aplicării constante a IC în predarea modului *Mișcarea și repaosul* în clasa a VII-a. Modelul descrie competența științifică drept un construct unitar, dar intern diferențiat, în care componentele nu contribuie în mod egal și nici nu se articulează identic în funcție de contextul didactic. Aplicarea sistematică a IC conduce la o reorganizare a structurii interne a competenței, în care înțelegerea conceptuală devine un nod de legătură funcțional între dimensiunile procedurale și cele reprezentative. În acest cadru, aplicarea formulelor și reprezentarea grafică formează un nucleu operațional stabil, susținut și orientat de înțelegerea conceptelor fizice fundamentale, în timp ce cunoașterea unităților de măsură își păstrează rolul de achiziție instrumentală de bază, necesară, dar insuficientă pentru structurarea competenței la un nivel superior. Comparativ, în absența unei astfel de intervenții, competența tinde să se organizeze într-o manieră mai omogenă, predominant procedurală, caracterizată de o coerență internă ridicată, dar de o integrare conceptuală limitată. Prin urmare, modelul rezultat sugerează că efectul principal al IC nu constă doar în diferențe de performanță măsurabile punctual, ci în transformarea modului de articulare internă a componentelor competenței științifice, favorizând trecerea de la o structură algoritmică la una funcțional-conceptuală.

7. Implicații pedagogice și didactice

Rezultatele obținute prin analizele diferențiale, corelaționale și structurale indică faptul că aplicarea constantă a IC nu influențează doar nivelul performanței elevilor, ci modifică în mod semnificativ organizarea internă a competenței științifice. În acest context, implicațiile pedagogice ale intervenției nu pot fi reduse la eficiența unei metode, ci trebuie

interpretate în termenii unei transformări a modului în care elevii articulează conceptual, procedural și reprezentational cunoașterea fizicii.

Un prim rezultat cu relevanță didactică majoră este diferența de structură internă a competenței între clasele experimentală și de control. Deși competența apare ca un construct coerent în ambele contexte, structura identificată în clasa de control este caracterizată de o dominanță procedurală, în care aplicarea formulelor concentrează cea mai mare parte a variației comune. Această organizare sugerează un tip de învățare orientată preponderent spre algoritmi și reguli de calcul, în care componentele evoluează uniform, dar la un nivel global mai scăzut al performanței. În contrast, aplicarea IC favorizează o structurare mai echilibrată a competenței, în care înțelegerea conceptuală capătă un rol de integrare funcțională între dimensiunile procedurale și cele reprezentationale.

Din perspectivă de *physics education*, IC acționează ca un mecanism de perturbare productivă a rutinei algoritmice. Ele forțează elevii să justifice relațiile dintre mărimi, să anticipeze comportamente fizice și să interpreteze semnificația reprezentărilor grafice înainte de aplicarea formalismului matematic. Rezultatele corelaționale și factoriale sugerează că acest tip de solicitare cognitivă conduce la o reconfigurare a relațiilor dintre componentele competenței, în care aplicarea formulelor și reprezentarea grafică nu mai funcționează autonom, ci sunt subsumate unui cadru conceptual mai larg.

Un rezultat constant al analizei este rolul periferic al cunoașterii unităților de măsură în structura competenței științifice. Deși această componentă este necesară și ușor accesibilă majorității elevilor, variabilitatea redusă a performanțelor și corelațiile slabe cu celelalte dimensiuni indică faptul că stăpânirea unităților de măsură nu este, în sine, un factor structurant al competenței. Din punct de vedere didactic, acest rezultat sugerează că unitățile de măsură trebuie tratate ca instrument cognitiv de bază, integrat în contexte conceptuale și aplicații semnificative, și nu ca obiectiv central al instruirii.

Modelul rezultat indică necesitatea unei proiectări didactice care să privilegieze secvențele de învățare orientate spre înțelegere, în care formalismul matematic și reprezentările grafice sunt introduse ca instrumente de modelare a fenomenelor, nu ca scopuri în sine. IC pot funcționa, în acest sens, ca elemente de tranziție între explorarea intuitivă a fenomenelor și formalizarea riguroasă, sprijinind dezvoltarea unei competențe științifice funcționale, capabile să se adapteze la situații problemă variate.

În ansamblu, rezultatele susțin ideea că eficiența IC nu rezidă exclusiv în îmbunătățirea scorurilor la evaluări, ci în capacitatea acestora de a restructura modul în care elevii organizează și utilizează cunoașterea științifică. Din perspectiva *science education*, acest fapt evidențiază importanța strategiilor didactice care vizează nu doar achiziția de conținut, ci și arhitectura cognitivă a competenței, contribuind la formarea unei înțelegeri durabile și transferabile a fizicii.

8. Concluzii

Intervenția a produs un progres clar la nivelul operării cu unități de măsură. Diferența dintre grupuri este reflectată de o mărime a efectului $d=0.95$, ceea ce înseamnă că elevii din clasa experimentală s-au situat, în medie, aproape cu o abatere standard peste cei din clasa de control. Acest lucru indică faptul că utilizarea constantă a IC a consolidat rigoarea în operarea cu mărimi fizice, elevii devenind mai atenți la sensul și coerența unităților în rezolvare.

La aplicarea formulelor, efectul este moderat, dar vizibil. Valoarea $d=0.49$ arată un avantaj de aproape jumătate de abatere standard pentru grupul experimental. Aceasta sugerează că discuțiile conceptuale au sprijinit înțelegerea condițiilor de aplicare a relațiilor matematice, chiar dacă progresul nu a fost suficient de uniform pentru a genera diferențe puternice la nivelul întregului grup.

La nivel global, intervenția a influențat profilul competenței științifice. Valoarea multivariată Pillai= 0.196 indică faptul că aproape 20% din variația combinată a celor patru componente este asociată tipului de instruire. Aceasta înseamnă că IM nu a produs doar variații punctuale, ci a modificat ansamblul modului în care elevii articulează cunoașterea fizicii.

Structura internă a competenței diferă între cele două condiții. În grupul experimental, factorul comun explică 41.6% din varianță, iar aplicarea formulelor are o încărcare de 0.807, comparativ cu 0.929 în control. Didactic, acest lucru sugerează că în clasa tradițională competența este dominată aproape exclusiv de dimensiunea procedurală, în timp ce în clasa experimentală contribuția este mai distribuită, indicând o structurare mai echilibrată.

Relațiile dintre componente arată o integrare funcțională stabilă între formalism și reprezentare. Corelația dintre aplicarea formulelor și reprezentarea grafică este ridicată în ambele grupuri, $r=0.57$ și $r=0.60$, ceea ce confirmă nucleul operațional al competenței. În schimb, relația slabă dintre înțelegerea conceptuală și unități, $r=0.14$ și $r=0.21$, arată că memorarea unităților nu produce automat înțelegere fizică.

Coerența internă diferă ca semnificație didactică. Deși consistența este mai mare în control, $\omega=0.850$ față de 0.775 în experimental, aceasta este asociată unor performanțe medii mai scăzute. Didactic, acest lucru sugerează că omogenitatea ridicată poate reflecta un model uniform procedural, în timp ce valoarea de 0.775 din experimental indică o competență mai diferențiată, cu dezvoltări specifice ale unor componente.

Mențiuni. Cercetările sunt efectuate în cadrul sub-programului FIZLAB 2.0 finanțat de grantul 040103 acordat de Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova.

Referințe

1. BOTGROS, I. Cunoașterea științifică versus dezvoltarea intelectuală a elevului. *Didactica Pro* 2(102), 2017. pp. 5–10. https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/21434
2. BOTGROS, I., FRANȚUZAN, L. Semnificația competenței de cunoaștere științifică în cadrul procesului educațional al disciplinelor școlare: Fizică, biologie, chimie. *Univers Pedagogic*, 3(55), 2017. pp. 7–11. https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/59281
3. 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, *Educația 21 Journal*, 2024. Volume 29, published on 2024-12-30, <https://doi.org/10.24193/ed21.2024.29.05>
4. CALALB, M., DABIJA, V. Structural knowledge gains in physics through conceptual questions and peer instruction. *Acta Didactica Napocensia*, 2025. 18(2), pp. 154–171. <https://doi.org/10.24193/adn.18.2.13>
5. CHI, M. T. H., FELTOVICH, P. J., GLASER, R. Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 1981. 5(2), pp. 121–152. https://doi.org/10.1207/s15516709cog0502_2
6. CROUCH, C. H., MAZUR, E. Peer instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 2001. 69(9), pp. 970–977. <https://doi.org/10.1119/1.1374249>
7. 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, 2025, pp. 137-153. ISBN 978-9975-48-271-4. https://ibn.idsi.md/ro/vizualizare_articol/237344
8. European Commission. *Council recommendation of 22 May 2018 on key competences for lifelong learning* (2018/C 189/01). Official Journal of the European Union, 2018. C189, pp. 1–13. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32018H0604\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32018H0604(01))
9. FREEMAN, S., et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2014. 111(23), pp. 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
10. HAMMER, D. Student resources for learning introductory physics. *American Journal of Physics*, 2000. 68(S1), S52–S59. <https://doi.org/10.1119/1.19520>
11. HESTENES, D., WELLS, M., SWACKHAMER, G. Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 1992. 30(3), pp. 141–158. <https://doi.org/10.1119/1.2343497>
12. MCDERMOTT, L. C. What we teach and what is learned: Closing the gap. *American Journal of Physics*, 1991. 59(4), pp. 301–315. <https://doi.org/10.1119/1.16539>

13. Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova. *Curriculum național. Fizica. Clasele VI–IX: Curriculum disciplinar. Ghid de implementare*. Chișinău, 2020. https://mecc.gov.md/sites/default/files/fizica_gimnaziu_ro.pdf
14. POTVIN, P., HASNI, A. Interest, motivation and attitude towards science and technology at K–12 levels: A systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 2014. 50(1), pp. 85–129. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>
15. ROBERTSON, A. D., et al. Identifying student conceptual resources for understanding physics: A practical guide for researchers. *Physical Review Physics Education Research*, 2024. 20(1), 010101. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.20.010101>
16. VICKREY, T. et al. Research-based implementation of Peer Instruction. *CBE—Life Sciences Education*, 2015. 14(1), es3. <https://doi.org/10.1187/cbe.14-11-0198>

Recepționat / Received: 23.02.2026

Acceptat / Accepted: 19.03.2026

Email: calalb.mihai@upsc.md
dabija.viorel95@gmail.com