

CZU: 373.016:53

DOI: 10.36120/2587-3636.v33i3.76-85

## CONSTRUCTIVISMUL ÎN PREDAREA FIZICII

Mihail CALALB, dr., conf. univ.

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

Irina ZELENSCHI, drd.

<https://orcid.org/0000-0003-1719-4932>

Catedra de Fizică Teoretică și Experimentală

Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău

**Rezumat.** În lucrare se examinează principiile de bază ale constructivismului și, pe baza modelului instrucțional 5E, este arătat cum poate fi aplicat constructivismul la studierea Mișcării uniform accelerate. Sunt arătate resursele interne ale elevului, care trebuie accesate pentru a forma motivarea intrinsecă la studierea fizicii. Este arătată legătura între constructivism și structura multidimensională a cunoașterii, care este formată din înțelegere conceptuală, cunoașterea procedurală și cunoașterea axiologică. Pe baza exemplului capitolului Mișcarea uniform accelerată, este arătat ce cuprinde fiecare din aceste trei forme ale cunoașterii.

**Cuvinte-cheie:** model constructivist de învățare, învățare prin cercetare, înțelegere conceptuală, metacogniție, mișcare uniform accelerată.

## CONSTRUCTIVISM IN PHYSICS TEACHING

**Abstract.** The basic principles of constructivism are examined in this paper and, based on the 5E instructional model, it is shown how constructivism can be applied to the study of the chapter Uniformly Accelerated Motion. In order to form the intrinsic motivation to learn physics, the student's internal resources, which must be accessed by the teacher, are presented. The connection between constructivism and the multidimensional structure of knowledge, which consists of conceptual understanding, procedural knowledge and axiological knowledge, is analyzed. Based on the example of the chapter Uniformly Accelerated Motion, it is shown what exactly each of these three forms of knowledge contains.

**Keywords:** constructivist learning model, inquiry-based education, conceptual understanding, metacognition, uniformly accelerated motion.

### Introducere

La baza teoriei constructiviste în educație stau trei principii de bază: *i*) înțelegerea conceptuală este (re)construită de mecanismul cognitiv al elevului, ca rezultat al interacțiunii elevului cu lumea exterioară și cu mediul de învățare, având la bază experiențele și concepțiile anterioare ale elevului; *ii*) înțelegerea conceptuală este rezultatul efortului cognitiv activ al elevului; *iii*) structura cognitivă a elevului este rezistentă la schimbare, adică concepțiile anterioare ale elevului sunt viabile în fața efortului de predare, dar maleabile în fața efortului de învățare. Deja în această definiție a constructivismului se regăsesc principiile *învățării și predării vizibile* [1], *învățării prin cercetare* [2-4], dar și a *constructivismului* [5-7]. Așa cum constructivismul este inseparabil de înțelegerea conceptuală, putem interpreta constructivismul ca *învățare cu sens* deoarece este vorba despre construirea de către elev a conceptelor sale în urma acțiunilor lui cognitive din

cadru lectiei de fizica. Totusi majoritatea elevilor din clasa ramân în afara înțelegerii conceptuale, ceea ce conduce la interesul general scăzut și motivarea joasă de a învăța fizica [8-9]. Deși are un spectru larg de forme, cum ar fi învățarea pe bază de proiect, învățarea problematizată, învățarea prin colaborare sau învățarea prin cercetare, în esența sa constructivismul presupune aceeași participare a elevilor la (re)construirea cunoașterii acționând ca niște cercetători științifici începători care sunt ghidați de profesor [10]. Așa dar, o abordare pedagogică constructivistă va conține:

- a. ghidarea acțiunilor de cercetare a elevilor spre construirea cunoașterii lor proprii și
- b. formarea competențelor de a folosi cunoștințele dobândite.

Reieșind din aceste considerente în lucrarea de față vom analiza corelarea constructivismului cu învățarea prin cercetare și rolul metacogniției în formarea înțelegerii conceptuale. Învățarea prin cercetare asigură mediul propice pentru manifestarea acțiunilor cognitive ale elevului, iar metacogniția este substratul pe care se dezvoltă înțelegerea conceptuală. În pofida nenumăratelor descrieri și analize a învățării prin cercetare ca un set de reguli de organizare a predării-învățării, învățarea prin cercetare este în primul rând despre asigurarea în clasă a climatului de cercetare colectivă desfășurată de grupe de elevi ghidate de profesor [11]. De asemenea, un aspect important al constructivismului este înlocuirea competiției și rivalității între elevi cu cooperarea și colaborarea [12].

Așa cum înțelegerea conceptuală nu este un fenomen colectiv dar este determinată de o serie întreagă de variabile interne ce țin de profilul fiecărui elev luat aparte, în lucrarea dată ne punem scopul să analizăm locul metacogniției în predarea constructivistă. Cercetările arată atât impactul pozitiv al componentelor metacogniției asupra învățării, cât și creșterea metacogniției și motivării în urma aplicării constante a metodelor constructiviste cu randament înalt (metoda mozaicului, de exemplu) [13].

### **Modele constructiviste de învățare prin cercetare**

Rolul activ al elevului este definitiv pentru orice abordare pedagogică constructivistă. Diversitatea metodelor constructiviste de predare poate fi formalizată în cadrul Modelului Constructivist de Învățare (*Constructivist Learning Model*). În literatura de specialitate din cercetarea în domeniul predării științelor (*Science Education Research*) sunt propuse mai multe astfel de modele. Unul din primele modele aparține lui David N. Perkins de la Harvard Graduate School of Education [5] și se bazează pe următoarele principii:

- a) participarea activă a tuturor elevilor în activitățile din clasă
- b) folosirea cunoștințelor și conceptelor învățate anterior la explorarea situației noi
- c) crearea în clasă a unui climat care să favorizeze dezbaterile și discuțiile
- d) folosirea de către profesor a unui set de întrebări care să motiveze elevii să studieze suplimentar

e) modificarea/renunțarea la conceptele apriorice.

Acest model constructivist de învățare pune elevul în centrul învățării, afirmă că elevul este capabil singur să-și construiască cunoștințele prin:

- colectarea de informații și date
- formularea de ipoteze
- analiza și generalizarea rezultatelor obținute
- discutarea soluțiilor, ideilor și conceptelor
- interacțiunea cu profesorul și ceilalți elevi
- aplicarea rezultatelor la situații educaționale noi.

Un alt model constructivist de învățare este modelul de instruire 5E (*5E Instructional Model*) elaborat la sfârșitul anilor '80 ai sec. XX de către cercetătorii din grupul BSCS (*Biological Science Curriculum Study*) și folosit în special pentru predarea științelor [14]. Fazele modelului 5E sunt:

- **Implicarea (**Engagement**)** elevilor în studierea unui concept nou pentru ei prin situații de problemă. Are loc activarea cunoștințelor anterioare. Pentru această fază inițială profesorul trebuie să pregătească un set de întrebări care să provoace curiozitatea elevilor și să deschidă discuția la tema nouă. De exemplu, la capitolul Mișcarea uniform accelerată, când elevii analizează o cursă virtuală de mașini, astfel de întrebări ar fi: „Ce se întâmplă cu viteza și poziția mașinii în timpul apăsării pe accelerator?”, „Cum variază viteza și poziția mașinii la mișcarea uniform accelerată?”, „Prin ce se deosebește mișcarea uniform accelerată de mișcarea uniformă?”
- **Explorarea:** elevii generează idei și concepte noi în cadrul discuțiilor, activităților practice și de laborator. Are loc o cercetare prealabilă a problemei. Faza poate fi caracterizată și prin disonanța cognitivă care apare în mintea elevilor, dar care trebuie privită ca pe un motor al învățării prin cercetare. Studiile arată că această fază contribuie cel mai mult la formarea înțelegerii conceptuale, deoarece este faza cu elevul în locul central.

Exemplu de activitate „Studierea căderii libere a unei bile de hârtie” pentru faza de explorare.

- 1) Împărțim clasa în grupuri mici și furnizăm fiecărui grup un set de materiale: un cronometru, o bilă de hârtie, o foaie de hârtie și o riglă.
- 2) Cereți fiecărui grup să investigheze cum se comportă bila de hârtie în cădere liberă.
- 3) Elevii măsoară de câteva ori timpul de cădere al bilei de la o anumită înălțime.
- 4) După ce grupurile au colectat datele lor, revenim la clasă și discutăm rezultatele colective. Le punem întrebări de tipul „Ce ați observat la căderea bilei?”, „Cum ați caracteriza mișcarea bilei?”, „Ce legătură ați observat între timpul de cădere și distanța parcursă de bilă?” Anume răspunzând la aceste întrebări elevii încep să-și construiască înțelegerea conceptuală.

- **Explicarea** este faza când elevii formulează explicațiile lor, iar profesorul ajustează aceste explicații până la explicații științifice. Este faza discuțiilor în cadrul cărora se consolidează înțelegerea conceptuală, care a prins contur în faza anterioară. Anume în faza explicării se formează vocabularul științific al elevilor. Explicarea trebuie organizată astfel ca să nu se uite de întrebările din fazele anterioare ale implicării și explorării. Adică permanent se urmăresc obiectivele cognitive ale lecției. Aici se manifestă cel mai clar rolul profesorului ca facilitator al învățării.

Exemplu de activitate „Construirea unei definiții de mișcare uniform accelerată”.

- 1) Pornim discuția prin întrebări care fac trimitere la observațiile din activitatea „Studierea căderii libere a unei bile de hârtie”. De exemplu: „Cum se schimbă viteza bilei de hârtie în timpul căderii?”, „Cum depinde timpul căderii de înălțimea de la care corpul?”
- 2) Conducem discuția astfel încât să ajungem la concluzia că la mișcarea uniform accelerată viteza se schimbă constant în timp.
- 3) Anume elevii sunt cei care formulează definiția mișcării uniform accelerate: „Mișcarea uniform accelerată este o mișcare în care obiectul se deplasează cu o accelerație constantă, ceea ce înseamnă că viteza sa crește sau scade cu aceeași mărime în fiecare unitate de timp.”
- 4) Propunem elevilor să ofere exemple suplimentare pentru a clarifica conceptul de mișcare uniform accelerată, cum ar fi un automobil care accelerează într-o linie dreaptă sau o piatră aruncată în sus și apoi căzând înapoi pe pământ.
- 5) Desfășurăm o scurtă activitate interactivă în care elevii să calculeze accelerația și viteza unui obiect în funcție de datele despre înălțimea și timpul căderii libere.

Astfel, la faza explicării, print rezolvarea problemelor practice, elevii au formulat definițiile principale, au dedus formulele de bază și și-au format înțelegerea conceptuală.

- **Elaborarea:** elevii extind și aplică conceptele nou formate la contexte mai complexe. Exemplu de activitate „Analiza graficelor mișcării uniform accelerate”.

- 1) Distribuim elevilor o serie de grafice care reprezintă mișcarea uniform accelerată.
- 2) Cerem elevilor să analizeze graficele și să răspundă la întrebări precum: „Cum se schimbă viteza în funcție de timp în aceste grafice?”, „Cum puteți determina accelerația din grafic?”, „Care sunt caracteristicile mișcării uniform accelerate reieșind din aceste grafice?”
- 3) Propunem mai multe scenarii pentru analiză, situații în care obiectul accelerează sau încetinește.
- 4) Solicităm elevilor să identifice relațiile între mărimile de pe grafice și care sunt variabilele independente și dependente.

- 5) Elevii lucrează în grupuri, discută diferențele și similaritățile între graficele prezentate, identifică și formulează conceptele-cheie asociate mișcării uniform accelerate.

Astfel, în faza elaborării, prin analizarea diferitor scenarii, elevii înțeleg conceptele-cheie și își dezvoltă abilități de analiză și gândire critică.

- **Evaluarea:** profesorul urmărește progresul elevilor în termeni de înțelegere conceptuală, deprinderi de învățare prin cercetare, aptitudini de formulare și atingere a obiectivelor cognitive (țin mai mult de metacogniție). Scopul acestei faze este să permită elevilor să-și demonstreze înțelegerea conceptuală prin rezolvarea de probleme complexe și aplicarea cunoștințelor dobândite în situații noi.

Exemplu de activitate „Probleme de mișcare uniform accelerată în viața reală” pentru faza de evaluare.

- 1) Furnizăm elevilor o serie de scenarii din viața reală sub forma de probleme complexe la tema mișcarea uniform accelerată.
- 2) Cerem elevilor să transpună fiecare scenariu în enunț de problemă în termeni de ce este cunoscut și ce se cere de aflat, cum ar fi: „Calculați accelerația mașinii pe baza vitezei inițiale și timp”, „Determinați distanța parcursă de o piatră aruncată în sus în funcție de timpul de cădere”, „Analizați cât timp va dura ca un obiect să ajungă la o anumită viteză dată, având o accelerație constantă”.
- 3) Încurajăm elevii să explice pașii necesari pentru a rezolva fiecare problemă și să folosească formulele și conceptele învățate în explicația lor.
- 4) Organizăm discuții în grup pentru a analiza fiecare problemă.
- 5) La nivel de clasă, elevi din fiecare grup formulează soluțiile găsite de grupul lor. Prin evaluare formativă digitală, ne asigurăm că majoritatea elevilor înțeleg și pot efectua pașii pentru rezolvarea problemelor.

Modelele de învățare constructivistă conțin aceleași elemente ale gândirii științifice, pe care le întâlnim și la învățarea prin cercetare, de exemplu:

- Identificarea sau formularea problemei
- Formularea ipotezei
- Testarea ipotezei
- Interpretarea rezultatelor obținute
- Generalizarea sau formularea legii.

Astfel în cadrul învățării constructiviste elevii repetă în clasă pașii cercetării științifice reale. În constructivism reieșim din principiul că întrebarea este motorul cunoașterii, sau mai înainte de orice cunoștință a fost o întrebare. Deci, rolul profesorului la predarea constructivistă este: *i*) pentru fiecare lecție să aleagă cele mai adecvate întrebări, care să stârnească interesul elevilor pentru găsirea răspunsului; *ii*) să faciliteze și să direcționeze

explorarea colectivă a elevilor spre formularea unei noi noțiuni, legi, reguli sau principiu. Subliniem că acest lucru îl întâlnim în mai multe strategii didactice [15], cum ar fi:

- Învățarea științelor prin cercetare
- Învățarea prin colaborare
- Învățarea problematizată
- Învățarea prin construirea hărților conceptuale
- Învățarea susținută de tehnologie.

Toate aceste strategii au diferiți factori de impact asupra succesului academic al elevilor [1]. Dar, oricare n-ar fi strategia didactică constructivistă, ea trebuie să pornească de la rolul activ al elevului în actul de învățare, bazat pe asumarea de către elev a obiectivelor cognitive [16] sau motivarea intrinsecă.

### **Metacogniția și înțelegerea conceptuală**

Să analizăm cum putem forma motivarea intrinsecă. E clar că ne vom baza pe următoarele resurse interne ale elevului.

- **Cunoștințele și concepțiile anterioare:** Învățarea constructivistă recunoaște că elevii vin în clasă cu cunoștințe, credințe și experiențe preexistente. Aceste înțelegeri anterioare pot afecta modul în care informațiile noi sunt asimilate sau adaptate. Convingerile elevilor despre un subiect pot fie să faciliteze, fie să împiedice formarea de concepte corecte. Pentru a înlătura influența acestor convingeri vom face apel la cunoștințele învățate anterior în clasă. Beneficiul va fi dublu: se va repeta și consolida materia anterioară, dar și se va forma un concept nou corect. Este vorba despre învățarea recurentă [16, pag. 53].

- **Implicarea activă:** Învățarea n-ar fi constructivistă dacă n-ar pune accent pe implicarea activă a tuturor elevilor. Prin implicare activă se personalizează actul de învățare, subiectul studiat capătă sens personal. Așa este mai probabil ca elevul să investească efort cognitiv în explorarea, discutarea și reflectarea asupra ideilor prezentate de profesor sau colegi. Anume din această cauză cercetările pun accent pe aplicarea sistematică, nu sporadică, a unei și aceeași metode constructiviste în clasă. Deoarece astfel se formează o trăsătură fără de care e imposibil actul cunoașterii – curiozitatea [17].

- **Gândirea critică și schimbarea de perspectivă:** Abordările constructiviste necesită adesea ca elevii să-și acceseze gândirea critică și să ia în considerare mai multe opinii sau puncte de vedere. În timpul discuțiilor și dezbaterilor din clasă ghidate de profesor se întâlnesc diferite convingeri personale ale elevilor. Expunerea la diverse puncte de vedere încurajează elevii ca, pe baza dovezilor și raționamentelor colegilor și profesorului, reieșind din rezultatele acțiunilor de cercetare sau analiză să-și perfecționeze convingerile anterioare [18].

- **Interacțiunea și colaborarea:** Învățarea constructivistă este una prin colaborare, la nivel de grupuri, perechi, sau clasă. Rezultatele învățării colaborative sunt mai prețioase

decât cele ale învățării solitare [19]. Pe de altă parte, cele mai eficiente strategii didactice au o componentă puternică a feedbackului. Adică numărul de interacțiuni elev – elev și elev – profesor determină gradul de constructivism al strategiei didactice aplicate, deoarece partajarea înțelegerii conceptuale poate avea loc doar prin discuții [20].

- **Metacogniția și autoreglarea învățării:** convingerile personale, despre care s-a vorbit mai sus, influențează procesele metacognitive, cum ar fi conștientizarea convingerilor proprii, monitorizarea și reglarea învățării proprii. Dacă elevul este conștient de propriile abilități și strategii de învățare, poate să-și planifice și ajusteze strategiile de învățare pentru a-și atinge obiectivele cognitive, atunci putem vorbi de un grad înalt de constructivism [21].

- **Construirea înțelegerii conceptuale personale:** în învățarea constructivistă, elevii își construiesc în mod activ propria înțelegere conceptuală reieșind din convingerile și experiențele personale. Constructivismul se bazează pe recunoașterea și respectarea convingerilor personale ale elevilor, chiar dacă ele sunt greșite [22]. Prin abordarea concepțiilor greșite, promovarea dialogului deschis într-un mediu de învățare empatic putem ajuta elevii să dezvolte înțelegeri conceptuale precise și solide.

Constructivismul ca pedagogie reflectă structura multidimensională a cunoașterii, care reflectă faptul că cunoașterea nu este o sumă de cunoștințe dar un sistem format din:

- i) cunoașterea sau înțelegerea conceptuală;
- ii) cunoașterea procedurală;
- iii) cunoașterea axiologică. Înțelegerea conceptuală se referă în principal la înțelegerea profundă a noțiunilor, legilor, principiilor, conceptelor și ideilor de bază.

De exemplu, pentru capitolul Mișcarea uniform accelerată:

*Cunoașterea conceptuală* ar include:

- **Înțelegerea definiției** mișcării uniform accelerate. Elevul înțelege că viteza obiectului variază în mod constant în timpul mișcării.
- **Cunoașterea formulei** pentru ecuația mișcării, înțelegerea sensului fizic și cunoașterea unităților de măsură pentru fiecare mărime fizică din ecuație.
- **Înțelegerea cauzelor și efectelor** accelerației constante: accelerația constantă e cauzată de forțe constante care acționează asupra obiectului. Efectul accelerării este creșterea constantă a vitezei.
- **Interpretarea corectă a graficului** deplasării, vitezei și a accelerației ca funcții de timp. În cazul mișcării uniform accelerate, graficul deplasării va fi o parabolă, graficul vitezei va fi o linie dreaptă, panta căreia coincide cu valoarea accelerației, iar graficul accelerației va fi o linie dreaptă paralelă cu axa absciselor (deoarece accelerația este constantă).

*Cunoașterea procedurală* pentru același capitol va include:

- **Identificarea mărimilor cunoscute** reieșind din grafic, tabel sau enunțul problemei.

- **Aplicarea formulei de calcul** și/sau deducerea ei.
- **Efectuarea calculelor matematice** cu aducerea tuturor mărimilor în același sistem de unități de măsură.
- **Interpretarea rezultatului** sau înțelegerea semnificației valorii obținute în contextul problemei date.

*Cunoașterea axiologică* ține de faptul că elevul recunoaște valoarea științei și înțelege necesitatea de a cunoaște și de a ține cont de legile naturii. Astfel, cunoașterea axiologică pentru capitolul Mișcarea uniform accelerată implică:

- **Valorizarea cunoașterii științifice:** elevul înțelege și apreciază rolul fizicii în explicarea fenomenelor din lumea înconjurătoare, cum ar fi demararea unui bolid de Formula1, căderea liberă sau mișcarea Lunii în jurul Pământului. Aceasta presupune recunoașterea importanței învățării și explorării legilor naturii și a fenomenelor fizice.
- **Respect pentru principiile fundamentale** care guvernează mișcarea uniform accelerată. Elevii care au această cunoaștere pot înțelege și recunoaște că obiectele aflate în mișcare uniform accelerată își vor schimba constant și uniform viteza.
- **Respect pentru precizie:** elevul recunoaște importanța preciziei în măsurători și calcule. Elevii care au acest tip de cunoaștere axiologică înțeleg că pentru a obține rezultate valide și fiabile este necesară aplicarea corectă a formulelor și unităților de măsură.

Această caracteristică structurată a înțelegerii conceptuale confirmă că abordările constructiviste nu sunt neutre din punct de vedere social și arată legătura complexă între Știință, Tehnologie, Societate și Mediul Înconjurător. Mai mult decât atât, această abordare constructivistă a înțelegerii conceptuale reflectă pe deplin natura socială a științei (*Nature of Science*) [23].

## Concluzii

2. Rolul activ al elevului este definitiv pentru orice model constructivist de învățare.
3. O strategie didactică constructivistă are elemente din învățarea prin cercetare, prin colaborare în cadrul grupului, pe bază de proiect sau problematizată.
4. Modelul instrucțional 5E este unul constructivist, poate fi folosit cu succes la învățarea științelor prin metoda cercetării deoarece permite profesorului să se manifeste ca facilitator al învățării.
5. Înțelegerea conceptuală are la bază efortul cognitiv al elevului și se clădește pe concepțiile lui anterioare.
6. Succesul învățării este determinat de metacogniție, care este influențată de cele trei părți ale cunoașterii: înțelegerea conceptuală, cunoașterea procedurală, cunoașterea axiologică.



**Bibliografie**

1. HATTIE, J. A. C. *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*, 1st Edition. Routledge, 2009. ISBN: 978-0-415-47617-1.
2. HARLEN, W. *Principles and Big ideas of Science Education*. Hatfield, UK: ASE, 2010. ISBN 978 0 86357 4 313.
3. CALALB, M. Pedagogia învățării prin investigație și impactul ei asupra deprinderilor de cercetare științifică și învățare pe tot parcursul vieții. În: *Studia Universitatis Moldaviae, seria „Științe ale educației”*. 2017, nr. 5 (105), pp. 32-39. ISSN 1857-2103 ISSN online 2345-1025.
4. ANAMEZIE, R. Utilization of constructivist instructional method in teaching physics in secondary schools: interaction effects of method and location. În: *World Journal of Innovative Research*. 2018, v.5, issue 2, pp. 11-15. ISSN: 2454-8236.
5. PERKINS, D. Technology Meets Constructivism. În: *Educational Technology*. 1991, nr. 31(9), pp. 19-21.
6. GLASERSFELD, E. von. Radical Constructivism and Teaching. În: *Perspectives*. 2001, nr. 31 (2), pp. 191–204.
7. QARAREH, A. O. The Effect of Using the Constructivist Learning Model in Teaching Science on the Achievement and Scientific Thinking of 8th Grade Students. În: *International Education Studies*. 2016, vol. 9, No. 7. ISSN 1913-9020 E-ISSN 1913-9039.
8. ANDERSON, C. W. Perspectives on Science Learning. În: Abell, S. K., and Lederman, N. G., (eds.), *Handbook on Research on Science Education*. New York: Routledge. 2007. pp. 3-30.
9. DUIT, R.; NIEDDERER, H.; SCHECKER, H. Teaching Physics. În: S.K. Abell and N.G Lederman (eds.), *Handbook on Research on Science Education*. New York: Routledge, 2007. pp. 599-629.
10. GIL-PÉREZ, D. et al. Defending Constructivism in Science Education. În: *Science and Education*. 2002, nr. 11, pp. 557-571.
11. WATTS, M.; POPE, M. Thinking about Thinking, Learning about Learning: Constructivism in Physics Education. În: *Phys. Educ.* 1989, nr. 24, pp. 326.
12. KIM, H.; KOO, N. Analysis of science instruction in Korea based on the results of PISA questionnaire. În: *Journal of Curriculum and Evaluation*. 2019, nr. 22(4), pp. 85-104. <https://doi.org/10.29221/jce.2019.22.4.85>
13. BLAJVAZ, B. K.; BOGDANOVIĆ, I. Z.; JOVANOVIĆ, T. S.; STANISAVLJEVIĆ, J. D.; PAVKOV-HRVOJEVIĆ, M. V. The JIGSAW Technique in Lower Secondary Physics Education: Students' Achievement, Metacognition and Motivation. În: *Journal of Baltic Science Education*. 2022, nr. 21(4), pp. 545-557. <https://doi.org/10.33225/jbse/22.21.545>

14. 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](https://bscs.org/wp-content/uploads/2022/01/bscs_5e_full_report-1.pdf) [accessed on 09.08.2023].
15. SCHRAW, G.; CRIPPEN, K. J.; HARTLEY, K. Promoting Self-Regulation in Science Education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. În: *Research in Science Education*. 2006, nr. 36(1), pp. 111-139. <https://doi.org/10.1007/s11165-005-3917-8>.
16. CALALB, M. Learning by Being or Assumption of Cognitive Goals. În: *Studia Universitatis Moldaviae (Seria Științe ale Educației)*. 2020, nr. 5(135), pp. 49-54. ISSN 1857-2103. DOI: 10.5281/zenodo.3967033
17. *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences, Chapter 23: Interest and the Development of Curiosity*, Editor: R. Keith Sawyer Published in: Cambridge University Press, 2006.
18. BAILIN, S. Critical Thinking and Science Education. În: *Science & Education*. 2002, nr. 11, pp. 361–375. <https://doi.org/10.1023/A:1016042608621>.
19. PETRESCU, A.-M.; GORGHIU, G.; DRĂGHICESCU, L. The Advantages of Collaborative Learning in Science Lessons. În: *LUMEN Proceedings*. 2017, nr. 2, pp. 326-333. <https://doi.org/10.18662/lumproc.icsed2017.36>.
20. MANSOR, R.; HALIM, L.; OSMAN, K. Teachers' knowledge that promote students' conceptual understanding. In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2010, Volume 9, pp. 1835-1839. ISSN 1877-0428. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.410> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042810025152>)
21. MOLIN, F.; HAELERMANS, C.; CABUS, S.; GROOT, W. The Effect of Feedback on Metacognition—A randomized experiment using polling technology. În: *Computers & Education*. 2020, nr. 152. Article 103885. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103885>
22. Misconceptions and Conceptual Change in Science Education. <https://thescience teacher.co.uk/misconceptions-in-science-education/> [Accesat la 24.08.2023]
23. CHALMERS, A. F. *Science and its Fabrication*. Minneapolis, M P: University of Minnesota Press, 1990.