

ÎNVĂȚAREA OPTICII GEOMETRICE PRIN METODA CERCETĂRII ȘTIINȚIFICE

CALALB Mihail, BALTAG Nicolae,

Universitatea de Stat Tiraspol

Rezumat. În lucrare este arătat că necesitatea pentru metode constructiviste de predare provine din cerința pentru o populație alfabetizată științific. Din punctul de vedere al teoriei învățării și predării vizibile se analizează seria de paradigme constructiviste de la învățarea activă, învățarea prin înțelegere și până la asumarea învățării, prezentându-se impactul fiecăreia asupra succesului academic al elevilor. Este subliniat că impactul asumării învățării este triplu față de metoda convențională de predare. Este propusă structura proiectelor de învățare prin cercetare la capitolul optica geometrică și, prin intermediul matricei logice a proiectului, este arătată corelarea dintre obiectivele învățării, activitățile de învățare și impactul acestora asupra personalității elevilor.

Cuvinte-cheie: învățare prin cercetare, asumarea învățării, învățare prin înțelegere, paradigme constructiviste, învățare și predare vizibilă, idei științifice mari.

Abstract. The work states that the necessity for constructivist teaching methods comes from the need for a scientific literate population. The series of constructivist paradigms, from the one of active learning till to one of understanding and one of learning by being, is analysed from the point of view of visible teaching and learning theory, presenting in the same time the impact of each approach on academic success of school students. The author emphasizes that the impact of learning by being approach is three times higher than the impact of usual, conventional teaching approach. The article proposes a structure of inquiry – based science education projects for the chapter of Geometrical Optics and, through project logical framework, presents the correlation between learning objectives and learning activities and their impact on students' personality.

Key words: inquiry-based education, learning by being, learning by understanding, constructivist paradigms, visible teaching and learning, big scientific ideas.

Introducere

Necesitatea pentru metode constructiviste de predare a științelor vine în primul rând de la cerința pentru o populație alfabetizată din punct de vedere științific și care să aibă o înțelegere și viziune științifică asupra lumii și naturii. Cu toate eforturile sale în această direcție, școala eșuează în acest demers al ei. Drept demonstrare pot servi negaționismul larg răspândit și ratele joase de vaccinare [1]. Necunoașterea și neînțelegerea de către populație a metodelor de cercetare științifică, a modalităților de luare a deciziilor argumentate științific, absența deprinderilor de a efectua cele mai simple observări și de a trage concluzii proprii au repercusiuni negative multiple demonstrate și de evaluările PISA [2]. În această comunicare scurtă nu ne vom opri detaliat asupra problemei alfabetizării științifice, abordate detaliat în lucrarea [3], dar vom încerca să arătăm cum se poate atinge acest obiectiv anume prin aplicarea la clasă a metodelor constructiviste de predare.

Seria de paradigme constructiviste, care vor fi analizate acum, apare din necesitatea de a trece de la paradigma memorizării la cea a înțelegerii. Impedimentul principal în această tranziție este capacitatea profesorilor de a aplica învățarea prin cercetare. Studiile arată că majoritatea absolută a profesorilor, deși sunt instruiți cum să aplice pedagogia constructivistă, totuși "livrează" sau transmit elevilor informația în formatul final care trebuie doar inserat în testele de evaluare, fără un anumit efort cognitiv din partea elevului, decât doar cel de memorizare [4]. Astfel, formarea competențelor cognitive nu este doar momentul principal în învățarea prin metoda investigației, ulterior IBSE (*Inquiry Based Science Education*), dar și răspunde necesităților de adaptare a curriculei în condițiile exploziei informaționale exponențiale și necesităților de formare a competențelor de învățare pe tot parcursul vieții (*Lifelong Learning Skills*) [3, 5].

I. Evoluția metodelor constructiviste de predare a științelor

În evoluția paradigmelor constructiviste de predare-învățare pot fi evidențiate trei nivele: a) învățarea activă (*learning by doing*); b) învățarea prin înțelegere (*learning by understanding*); c) asumarea învățării (*learning by being*) [6]. Vom analiza succint aceste nivele din punctul de vedere al teoriei predării și învățării vizibile, ulterior VTL (*Visible Teaching and Learning*) [7]. Un exemplu de învățare activă este învățarea ludică, asociată pe bună dreptate învățării timpurii sau învățării din școala primară. Extinderea învățării ludice în gimnaziu și liceu nu este justificată deoarece, conform rezultatelor teoriei VTL, impactul ei asupra succesului academic al elevilor este de cca 35-37%. Aceasta e mai puțin decât impactul predării convenționale aplicate de un profesor experimentat timp de doi ani în una și aceeași clasă [7]. Partea pozitivă a învățării ludice este descătușarea emoțională, atmosfera de empatie în clasă, care ar trebui să fie o caracteristică inerentă constantă a oricărei pedagogii. Un alt aspect al învățării active este că în cadrul lecțiilor de laborator la fizică deseori se confundă repetarea instrucțiunilor profesorului cu actul cognitiv. Drept dovadă este chiar sintagma "mersul lucrării de laborator". În concluzie, învățarea activă este una mecanicistă, care nu presupune înțelegerea de către elevi a sensului celor învățate. Mai mult sau mai puțin, problema aceasta este soluționată în cadrul IBSE – exemplu de învățare prin înțelegere. Rezultatele VTL vis-a-vis de măsurările impactului IBSE asupra succesului academic al elevilor ne dau cca 75-85%. Deci, învățarea prin cercetare este de două ori mai eficientă decât predarea convențională, care are un factor de impact egal cu 40%. Dar, pe cât de eficientă este IBSE, pe atât este mai greu de aplicat. Enumerăm impedimentele ce trebuie depășite înainte de a începe aplicarea IBSE. În primul rând, IBSE este asociată învățării pe bază de proiect, unde în cadrul unui proiect elevii înțeleg cca trei – patru noțiuni noi, legate de o *idee științifică mare*. Aceasta cere ca profesorii să fie capabili să restructureze curricula în câteva proiecte, fiecare în jurul unei astfel de idei [8]. Deci pentru IBSE sunt necesari profesori cu înțelegere profundă a materiei predate și un anumit grad de independență față de manual, adică e vorba de *content knowledge*. În al doilea rând, IBSE

este asociată și învățării problematizate. Așa cum gestionarea eficientă a clasei în timpul învățării problematizate este sinonimul măiestriei pedagogice, IBSE necesită profesori experimentați ce posedă și *pedagogy knowledge*. În al treilea rând, pentru a preda prin metoda cercetării științifice, profesorul însuși trebuie să înțeleagă cum funcționează cercetarea științifică cu toate etapele ei de la ipoteză până la dezbateri [9].

Nivelul cel mai înalt al constructivismului în predare este cel al asumării învățării când obiectivele didactice devin obiective cognitive intrinseci ale elevului. Asumarea învățării dispune de mai multe metode cu factor de impact mare asupra succesului academic al elevilor. Majoritatea acestor metode sunt construite pe asigurarea feedback-ului mutual și instantaneu la clasă. Cum ar fi: cunoașterea de către profesor a gradului de înțelegere de către elevi a demersului său pedagogic – factor de impact cca 130%; abilitatea elevilor de a structura materialul nou – cca 115%; asumarea obiectivelor învățării – cca 115%; abilitatea elevilor de folosire recurentă a materialului precedent sau de integrare a cunoștințelor noi cu cele mai vechi – cca 95%. După cum se vede, la acest nivel de învățare e importantă metacogniția. Adică elevul bun știe și cum să învețe [10]. Astfel, problema de bază a școlii – motivarea pentru învățare – dispare prin aplicarea permanentă la clasă a învățării prin metoda cercetării științifice. Pe de altă parte, cercetările arată că aplicarea sporadică și sincopată a metodei IBSE debusolează elevii. E mai bună o predare convențională decât una „modernă”, aplicată doar de dragul controalelor [11].

II. Învățarea prin metoda cercetării științifice

Înainte de a discuta aplicarea metodei IBSE la lecția de fizică vom trece în revistă particularitățile ei de bază. Primul lucru care trebuie făcut de către profesor înainte de începerea lecțiilor în stil IBSE este structurarea curriculei în jurul ideilor științifice mari. Astfel, pentru un an academic vom avea cca zece proiecte sau cicluri IBSE. Exemple de astfel de proiecte sunt date în lucrarea unuia din autori [10]. Fiecare proiect sau ciclu IBSE va conține cinci momente obligatorii: întrebarea, ipoteza, experimentul, modelul aplicarea.

Al doilea moment important în metoda cercetării științifice este că orice proiect IBSE numai de cânt conține o lucrare de laborator care este plasată la începutul proiectului. Scopul urmărit este ca în cadrul lucrării de laborator elevii să înțeleagă relațiile între mărimile fizice studiate înainte de a studia formulele matematice, asociate acestor mărimi. Deoarece jonglarea cu formule nu aduce plusvaloare. Mai mult ca atât, scrierea unei și aceleași formule în diferite moduri împiedică la înțelegerea sensului fizic al mărimilor. Într-adevăr, din expresiile $\vec{F} = m\vec{a}$, $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$, $\vec{a} = \frac{1}{m}\vec{F}$, $m = \frac{\vec{F}}{\vec{a}}$ sau $m = \frac{F}{a}$ se pot trage concluzii total diferite, unele fiind greșite.

Al treilea moment este că proiectele IBSE se desfășoară prin lucrul în grup. Învățarea solitară, care în anumite cazuri – limită nu poate fi complet exclusă, deja nu mai ține de metoda cercetării

științifice. Astfel, fiecare elev va avea sarcina sa în cadrul proiectului IBSE. Independent de caracterul sarcinii personale, la sfârșitul proiectului fiecare elev va ști să explice fenomenul studiat, majoritatea elevilor va recunoaște că ideile științifice sunt utile societății, iar unii elevi vor fi dornici să cunoască mai mult despre fenomenul studiat.

Al patrulea moment în proiectele IBSE ține de comunicarea elev – profesor și elev –elev. Conform teoriei VTL, oricare ar fi strategia didactică, profesorul trebuie să știe cum elevii au recepționat mesajul său, adică e vorba despre învățare vizibilă, iar elevii trebuie să înțeleagă ce obiective urmărește profesorul, adică e vorba despre predare vizibilă. Reieșind din aceasta, profesorul nu va avansa spre o noțiune sau termen nou până când nu se va asigura că majoritatea elevilor au înțeles sensul fizic al noțiunii noi pentru ei. În acest context crește rolul evaluării formative în cadrul lecției IBSE. Referitor la comunicarea elev – elev aceasta înseamnă analiza, prezentarea și dezbateră rezultatelor cercetării. Un proiect IBSE se încheie cu prezentarea rezultatelor grupurilor în fața clasei. Prin aceasta elevii sunt deprinși să folosească în limbajul lor curent termeni științifici, se îmbogățește limbajul lor științific, se formează deprinderi de vorbire în public. Așa cum tot mai multe școli sunt încadrate în proiecte didactice internaționale, gen *e-Twinning*, comunicarea are loc și între grupuri de elevi din diferite țări. Astfel, învățarea prin metoda cercetării științifice influențează formarea unei serii de competențe transversale: lucrul în echipe internaționale, competențe digitale, comunicare on-line, etc.

Al cincilea moment este efortul cognitiv obligator al oricărui elev. Succesul academic, gradul de înțelegere a materiei studiate sunt direct proporționale cu efortul depus de către elev. Aici avem mai multe aspecte: *a)* anume elevii sunt acei care formulează ipoteza inițială și alcătuiesc planul cercetărilor, desigur fără a exclude ghidajul din partea profesorului; *b)* cercetarea se va efectua într-un mediu de învățare real dar digitalizat; *c)* dorința pentru efort este intrinsecă pentru fiecare elev. Aceasta se poate obține doar prin aplicare permanentă a metodei IBSE, începând de la o vârstă cât mai fragedă, din școala primară sau chiar de la grădiniță [12].

III. Aplicarea proiectelor IBSE la învățarea opticii geometrice

Optica geometrică este primul capitol în cadrul cursului de fizică din clasa a IX, pentru care sunt rezervate aproximativ 25 ore academice din totalul de 66 ore sau 12 – 13 săptămâni din primul semestru, care durează 16 săptămâni [13, 14]. Așa cum durata unui proiect IBSE nu poate fi mai mare decât două săptămâni (altfel proiectul își pierde din relevanță), acest capitol va fi structurat în cinci proiecte, ultima săptămână fiind rezervată recapitulării, evaluării și totalizării. Deoarece proiectele IBSE practic coincid cu unitățile de conținut, se simplifică și sarcina profesorului de a structura proiectele IBSE conform conceptului ideilor științifice mari. În concluzie, la capitolul optica geometrică propunem următoarele proiecte de cercetare:

Proiectul 1. *Reflexia luminii. Oglinzi plane și sferice.* Termenii noi aici sunt: rază de lumină incidentă și reflectată; reflexie și unghi de reflexie; imagine virtuală; periscop.

Proiectul 2. *Refracția luminii. Reflexia totală* cu termenii noi: refracție, unghi de refracție, coeficient de refracție; reflexie totală, fibre optice.

Proiectul 3. *Lentile subțiri. Dispersia luminii* cu următorii termeni noi: lentile convergente și divergente; centru optic, focar, distanță focală, puterea optică; prismă și spectru optic.

Proiectul 4. *Instrumente optice* cu următorii termeni noi: lupa, aparatul de fotografiat, microscopul, luneta, aparatul de proiecție și construirea imaginilor pentru fiecare instrument.

Proiectul 5. *Ochiul și ochelarii* cu următorii termeni noi: cristalin, retină; miopie, hipermetropie.

Astfel în cadrul unui proiect IBSE elevii vor asimila și își vor îmbogăți vocabularul cu cca trei-patru noțiuni și termeni științifici noi pentru ei.

Planificarea proiectelor IBSE se va face utilizând conceptul de matrice logică a proiectului, LFA (*project logical framework approach*) [15]. Prezentăm mai jos un exemplu de matrice logică pentru Proiectul 3 Lentile subțiri. Dispersia luminii.

Tabelul 1. Matricea logică a proiectului IBSE *Lentile subțiri. Dispersia luminii*

Obiective	Resurse	Activități	Rezultate	Impact
1. Să știe să construiască imaginile oferite de lentile convergente și divergente. 2. Să poată aplica formula lentilei subțiri la calcularea distanței focale, distanței până la obiect și/sau imagine. 3. Să poată explica fenomenul dispersiei luminii.	<ul style="list-style-type: none"> Banc optic dotat cu lentile, sursă de lumină și ecran. Manual de fizică. Tablă interactivă. Soft didactic <i>Mozabook classroom</i>. Soft didactic <i>Roqed Physics Lab</i>. Tablete didactice. Sistem de evaluare offline. Culegere de probleme. 	<ul style="list-style-type: none"> Obținerea imaginilor cu ajutorul bancului optic. Exersarea construirii imaginilor pentru diferite tipuri de lentile. Deducerea și aplicarea formulei lentilei subțiri. Evaluări formative. Perfectarea și prezentarea rapoartelor de grup. 	<ul style="list-style-type: none"> Rapoarte de grup în urma lucrării de laborator. Rapoarte individuale ale elevilor. Rezultatele testărilor sumative. Seturi de probleme, rezolvate individual. 	<ul style="list-style-type: none"> Competențe de cercetare întărite în urma lucrării de laborator. Vocabular îmbogățit în urma dezbaterii, analizei și prezentării rapoartelor. Competențe de lucru în grup întărite în cadrul sarcinilor colective. Competențe digitale întărite prin folosirea soft-urilor didactice. Competențe matematice îmbunătățite în urma rezolvării problemelor.

Concluzii

- Necesitatea pentru învățare devine intrinsecă dacă metoda IBSE este aplicată cât mai timpuriu.
- Fiecare proiect IBSE conține următoarele momente obligatorii: întrebarea, ipoteza, experimentul, modelul aplicarea.
- Lucrarea de laborator este plasată la începutul proiectului de cercetare.
- Comunicarea și feedback-ul sunt cheia succesului proiectului de cercetare.
- Orice proiect de cercetare pune accent pe efortul cognitiv al elevului desfășurat într-un mediu de învățare digitalizat.
- Proiectele didactice IBSE se elaborează pentru lucrul în grup al elevilor și se organizează în jurul ideilor științifice mari.
- Un proiect de cercetare durează cca două săptămâni și în cadrul lui se studiază nu mai mult de patru noțiuni noi.
- Așa cum metoda de învățare prin cercetare este una bazată de proiect, pentru a structura și corela obiectivele didactice cu activitățile se recomandă folosirea matricei logice a proiectului IBSE.

Bibliografie

1. *Number of COVID-19 vaccination doses administered in Europe as of August 12, 2021, by country.* <https://www.statista.com/statistics/1196071/covid-19-vaccination-rate-in-europe-by-country/>
2. Schleicher, A. *PISA 2018. Insights and Interpretations.* <https://www.oecd.org/pisa/publications/pisa-2018-results.htm>
3. Calalb, M. Pedagogia învățării prin investigație și impactul ei asupra deprinderilor de cercetare științifică și învățare pe tot parcursul vieții. *Studia Universitatis Moldaviae*, 2017, nr.5(105), Seria Științe ale educației, ISSN 1857-2103 ISSN online 2345-1025 p.32-39.
4. Bybee, Rodger W.; Trowbridge, Leslie W.; Powell, J. Ca. *Teaching Secondary School Science: Strategies for Developing Scientific Literacy* (9th Edition), 2008. ISBN -13: 978-0-13-230450-4.
5. Calalb, M. The Impact of Inquiry Based Science Education on the Formation of Lifelong Learning Skill. *Future of Education, Conference Proceedings.* The Future of Education. 7th edition. Italy: Ed. Libreria Universitaria, 2018. p. 655 – 661,

6. Calalb, M. Assumption of Cognitive Goals in Science Teaching. *4th International Baltic Symposium on Science & Technology Education „BalticSTE – 2021“*. 21st – 22nd June 2021, Lithuania.
7. 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.
8. Harlen, W. *Principles and Big ideas of Science Education*. Hatfield, UK: ASE, 2010.
9. *Pathway – Predarea Științelor prin investigație ghid pentru profesori*, FP7- Science-in-Society-2010-1—SiS-2010-2.2.1-1-266624. www.pathway-project.eu/sites/default/.../ROMANIAN_d4.3pathway.pdf.
10. Calalb, M. The Constructive Principle of Learning by Being in Physics Teaching. *9th Annual International Conference on Physics*, 19-22 July 2021, Athens, Greece.
11. 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. *Educational Psychologist*, 2006. 41:2, p. 75-86. DOI: https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1.
12. Silva, A.; Costa, C.; Domingos, A. *Kindergarten class-inquiry and magnets*. CERME 10, Feb 2017, Dublin, Ireland. hal-01938909, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01938909>.
13. Botgros, I., et al. *Fizică. Manual pentru clasa a IX-a. Ediția a treia*. Ed. Cartier, 2016. ISBN 978-9975-86-082-6.
14. Bocancea, V., et al. *Fizică: Curriculum național: clasele 6-9: Curriculum disciplinar: Ghid de implementare*. Ed. Lyceum, 2020. ISBN 978-9975-3437-5-6.
15. Couillard, J.; Garon, S.; Riznic, J. The Logical Framework Approach–Millennium. *Project Management Journal* 40(4):31 – 44, December 2009, DOI: [10.1002/pmj.20117](https://doi.org/10.1002/pmj.20117).