

CZU: 159.955:001+371.12

DOI: 10.36120/2587-3636.v29i3.71-80

GÂNDIREA ȘTIINȚIFICĂ ÎN ȘTIINȚELE REALE ȘI UMANISTICE

Sergiu SANDULEAC, doctor, conferențiar universitar

<https://orcid.org/0000-0003-2040-4670>

Universitatea Pedagogică de Stat „Ion Creangă” din Chișinău

Rezumat. Articolul de față descrie concepția dezvoltării și eficientizării gândirii științifice în științele umaniste și reale. Este abordată problematica direcției gândirii științifice în funcție de domeniul de studiu. În lucrarea se face referire la diferite teorii existente cu privire la raționamentul științific, tipurile de problemă, euristici, algoritmi de rezolvare a problemelor inventive și se încearcă o analiză a traseului din perspectiva teoriilor expuse de D. Klahr, D. Lenat, Kr. Moritz, G. Altshuller, R. Paul, B. Noel și alții. Articolul finalizează cu un model conceptual propus de autor ce are la bază analiza literaturii de specialitate. Reieșind din reperele metodologice conturate și abordările teoretice expuse cu privire la dezvoltarea și eficientizarea gândirii științifice la cadrele didactice din diferite domenii a fost propus un ansamblu de strategii, de eficientizare a gândirii științifice la cadrele didactice universal aplicabile atât din perspectiva științelor umanistice cât și din perspectiva științelor reale. În cele din urmă problematica dezvoltării gândirii științifice atât din perspectivă științelor umanistice cât și reale este soluționată din această perspectivă.

Cuvinte cheie: gândire științifică, euristici, raționament științific, inventivitate, tip de problemă, eficientizare, cadre didactice, științe umanistice, științe reale.

SCIENTIFIC THINKING IN THE REAL SCIENCES AND HUMANITIES

Abstract. This paper describes the concept of developing and streamlining scientific thinking in the humanities and real sciences. The problem of the direction of thinking of scientific gardening according to the field of study is addressed. In the paper, reference is made to various existing theories regarding scientific reasoning, problem types, heuristics, inventive problem-solving algorithms, and an analysis of the route is attempted from the perspective of the theories presented by D. Klahr, D. Lenat, Kr. Moritz, G. Altshuller, R. Paul, B. Noel and others. The paper concludes with a conceptual model proposed by the author based on the analysis of specialized literature. Based on the outlined methodological benchmarks and the theoretical approaches presented regarding the development and efficiency of scientific thinking among teachers from different fields, a set of strategies was proposed to improve the efficiency of scientific thinking among teachers universally applicable both from the perspective of the humanities and from the perspective of real sciences. Finally, the problem of the development of scientific thinking both from the perspective of humanities and real sciences is solved from this perspective.

Keywords: scientific thinking, heuristics, scientific reasoning, inventiveness, problem type, efficiency, teaching staff, humanities, real sciences.

Introducere

Dezvoltarea gândirii științifice la cadrele didactice rămâne un subiect actual în condițiile în care sistemul de învățământ pune accentul pe formarea elevului alfabetizat științific, iar una din problematicile existente constă în faptul că dezvoltarea gândirii științifice în diferite domenii ar presupune o altă abordare, diferită una de cealaltă.

Un timp îndelungat gândirea științifică a fost caracterizată în termeni, precum *gândire critică*, creativă și inovație [1]. Toate aceste aspecte țin totodată de problematica direcției

gândirii științifice ce nu este una nouă, iar aplicabilitatea gândirii științifice în domeniul științelor umanistice sau reale ridică întrebări de ordinul diferențierii dintre cele două domenii distincte.

Anticipând analiza definițiilor gândirii științifice, menționăm că aceasta este caracterizată ca gândire de ordin superior, reprezentată ca „un proces ce operează cu noțiuni științifice, judecăți și raționamente [2].

Dezvoltarea gândirii științifice în contextul predării științelor reale și socio-umanistice rezidă din conceptele de euristică, tipul de problemă abordat și raționament științific. Propunem spre analiză câteva perspective de orientare a gândirii științifice în spațiul științelor umanistice și reale, cu prezentarea unui model conceptual al dezvoltării și eficientizării gândirii științifice, orientate cu precădere la problematica dezvoltării gândirii științifice la cadrele didactice din diferite domenii.

Perspective teoretice

Modelarea raționamentului științific prin educație științifică propus de D. Klahr oferă o claritate cu privire la ancorele gândirii științifice în diferite domenii.

La sfârșitul anilor 1980, D. Klahr și colaboratorii au propus un model foarte influent al *descoperirii științifice ca căutare dublă* (SDDS - *Scientific Discovery as Dual Search*) ca o modalitate de a dezvolta raționamentul științific [4]. În modelul SDDS, raționamentul științific este conceptualizat ca o căutare în următoarele două spații probleme: spațiul ipotezelor și spațiul experimentului. Pe baza acestei „căutări duale”, D. Klahr și colegii au făcut distincția între procesele de raționament științific de generare a ipotezelor („căutare de ipoteză”), designul experimental („testare de ipoteză”) și evaluarea ipotezelor („evaluarea dovezilor”) [3, p. 2].

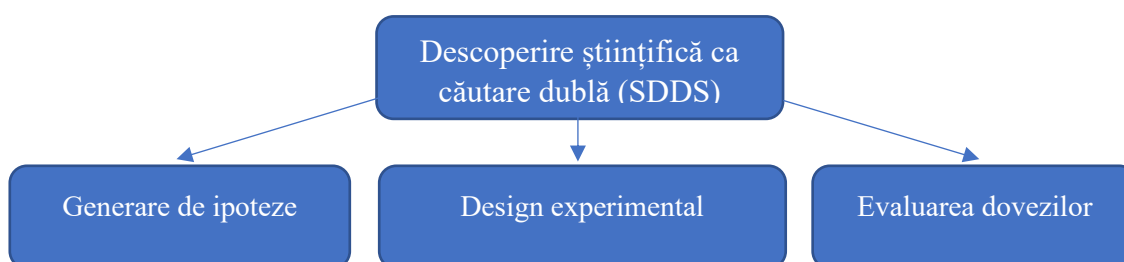


Figura 1. Componentele principale ale modelului SDDS de raționament științific

În modelul SDDS, raționamentul științific este poziționat în contextul rezolvării problemelor (care, retrospectiv, poate fi privit ca competență). În plus, ideea unei singure abilități cognitive [4] este extinsă la o diferențiere între mai multe abilități distincte. Modelul SDDS a fost adoptat într-un număr extins de studii diferite în psihologie și educație științifică [5]. În plus, structura în trei faze este încă o modalitate proeminentă de modelare a raționamentului științific în educația științifică [3, p. 3].

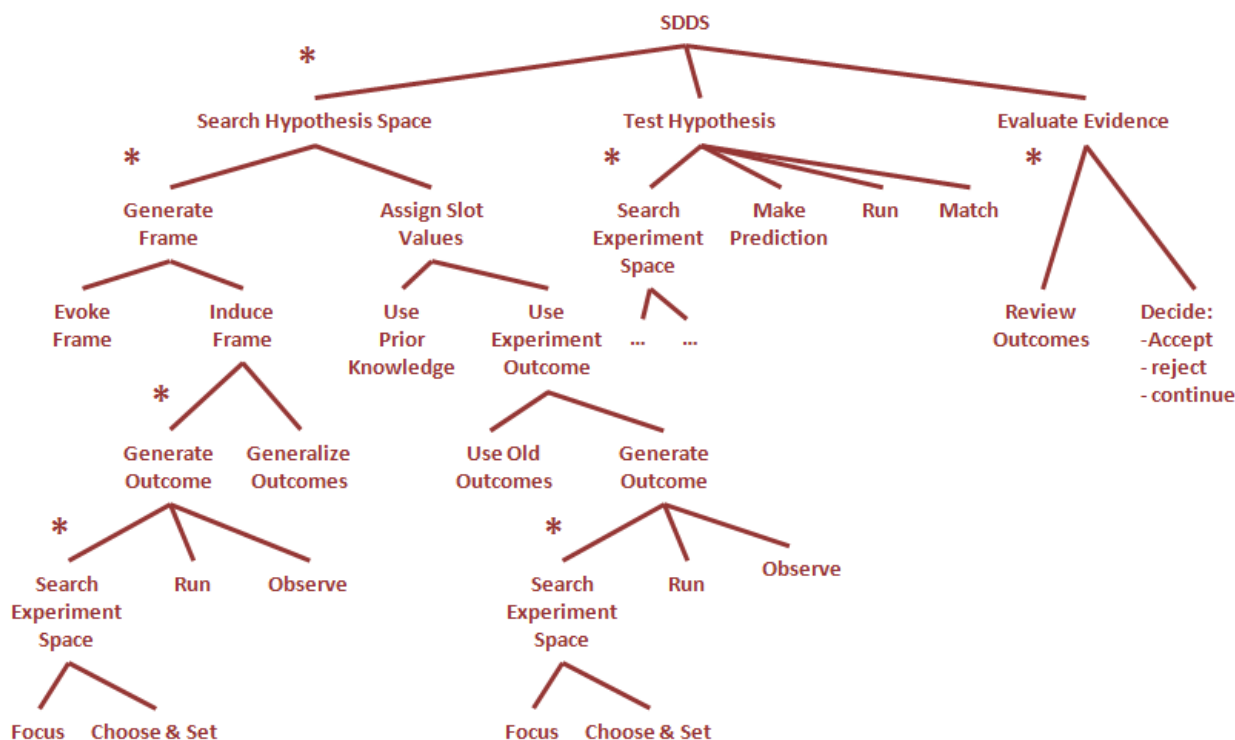


Figura 2. Teoria SDDS a descoperirii științifice a lui D. Klahr [Apud 6, p. 76]

Căutarea duală prin spațiile de probleme, de ipoteze și experiment este aici reprezentată ca o „schemă” al operațiilor. Arcurile săgeților indică toate sub-operațiile care trebuie efectuate. Pentru operații secundare fără arc de săgeată, trebuie efectuată doar una.

Raționamentul științific trebuie să fie adaptat domeniului în care se face cercetarea (tehnic, biologic, medical, umanist, pedagogic etc.) și conform unui plan specific dedicat direcției mișcării actului raționării. Raționamentul științific trebuie să se desfășoare în următoarele etape:

1. alegerea și fixarea obiectivelor sau a tematicii de cercetare;
2. formularea ipotezelor;
3. alegerea modelului de a gândi obiectul cercetării, ca atitudine metodologică mentală (deductiv sau inductiv), astfel spus ca forma de a conduce judecata științifică;
4. culegerea, analiza și compararea rezultatelor obișnuite de cercetare științifică, prin observare, experiment sau modelare;
5. formularea unor concluzii care se desprind din cercetarea efectuată [7].

În contextul predării științelor reale și științelor umanistice au fost dezvoltate o multitudine de metode de rezolvare a problemelor, care pot fi aplicate în diferite discipline și care sunt explicate pe larg în literatura de specialitate. Cu toate acestea, există puțină literatură care descrie în mod explicit metode specifice de rezolvare a problemelor pentru științele socio-umane. Pentru aceasta, pot fi identificate cel puțin două motive.

În primul rând, oamenii de știință învață despre metodele științifice și cum să le aplice în cadrul proiectelor de cercetare. Pe măsură ce dezvoltă o relație destul de strânsă cu

profesorii lor, adică cu cercetătorii științifici seniori, multe dintre metode sunt dobândite în mod tacit, prin conlucrare cu aceștia. Descoperirea empirică a lui H. Zuckerman conform căreia un procent mare dintre cei mai performanți cercetători științifici aveau un cercetător științific foarte performant reprezintă o dovadă în acest sens [8].

Un al doilea motiv al lipsei de documentare a metodelor științifice este dificultatea de a le distinge de euristica utilizată în știință. De exemplu, este dificil de trasat o linie clară între metodele slabe [9] care se presupun a fi utilizate pe scară largă în știință și care sunt descrise în *euristicile* care sunt sugerate de D. Lenat [10].

Cu toate acestea, aceste efecte pozitive depind de calitatea schemelor și, prin urmare, de cunoștințele rezolvatorului de probleme despre cum să construiască o bună reprezentare „schematică” [Apud 3, p. 64].

Propunem spre analiză criteriile de succes în ancorarea gândirii științifice în funcție de tipul de problemă generat de gânditorul științific și de contextul în care aceasta poate apărea în educația științifică propus de Kr. Moritz și colaboratorii [3].

Tabelul 1. Tipologia problemei variind de la bine definită spre slab definită în ancorarea gândirii științifice [11, p 74]

Tipul problemei	Criterii de succes	Context	Structurare	Contextul
Probleme logice	Eficiența manipulării; numărul de manipulări necesare	Sarcină abstractă	Descoperit	Abstract, descoperire
Probleme algoritmice	Răspunsul sau potrivirile de produs în valori și formă	Abstract; formulă	Previzibil procedural	Abstract, procedural
Probleme de povestire	Răspunsul sau potrivirile produsului ca valoare și formă; algoritmul corect utilizat	Restrâns la elemente predefinite, context superficial	Clase de probleme bine definite; procedural și previzibil	Simulare limitată
Probleme de utilizare a regulilor	Productivitate (număr de răspunsuri sau produse utile)	Academic intenționat; lumea reală, constrânsă	Rezultat neprevăzut	Bazat pe nevoi
Probleme de luare a deciziilor	Răspunsul sau potrivirile de produs în valori și formă	Deciziile de viață	Rezultat finit	Situată personal
Troubleshooting (depanare)	Identificarea defecțiunilor; eficiența izolării defectelor	Sistem închis în lumea reală	Defecte și rezultate finite	Problemă situată
Probleme de diagnosticare rezolvare	Strategia utilizată, eficacitatea și eficiența tratamentului; justificarea tratamentului	Lumea reală, tehnică, în mare parte sistem închis	Defecte și rezultate finite	Problemă situată
Probleme de performanță strategică	Realizarea obiectivului strategic	Performanță în timp real	Strategii slab structurate; tactici bine structurate	Situată contextual
Probleme de analiză a cazului	Multiple, neclare	Lumea reală, constrânsă	Slab structurate	Situată după caz

Probleme de proiectare	Criterii multiple, nedefinite; nici bine sau greșit - doar mai bine sau mai rău	Complex, lumea reală; grade de libertate; input și feedback limitat	Slab structurate	Problemă situată
Dileme	Preferință articulată cu o oarecare justificare	Actual, complex, interdisciplinar	Rezultate finite, raționament multiplu	Problemă de dezbatere majoră situată

[Apud 6, p. 67]

Analizând tipologia problemei din perspectiva variației sale cu privire la puterea de definire putem concluziona că acestea depind în mare măsură de contextul științific în care au fost generate. Raportate la sistemul educațional din perspectiva cadrului didactic ce își propune ca scop să dezvolte gândirea științifică la elevi acestea pot diferenția în funcție de științele reale sau științele umanistice. Delimitarea clară a segmentului de intervenție în funcție de tipul problemei din partea cadrului didactic permite acestuia să folosească ulterior *euristica* ca metodă de cercetare bazată pe descoperirea de fapte noi; arta de a duce o dispută cu scopul de a descoperi adevărul cu un set de principii sau tactici, selectate pe baza experienței sau a judecății, care au o anumită probabilitate de a da o soluție rezonabilă după o căutare relativ scurtă [12, 13]. Cuvântul cheie în cazul dat este „soluție rezonabilă”. Cunoașterea tipului de problemă va permite cadrului didactic să folosească euristicele necesare pentru disciplina predată.

În continuare sunt prezentate o serie de metode ce pot fi utilizate pentru a potența descoperirea lucrurilor noi de către elevi din perspectiva euristicii ce pot fi utilizate în funcție de tipul de problemă abordat: Brainstorming, Metoda Gordon – Sinectica, Diagrama afinităților, Storyboarding, Metoda Analiza 5 De ce?, Metoda Galeriei, Atribuirea rolului de gândire etc.

Pentru a dezvolta gândirea științifică cu aplicabilitate atât în științele socio-umanistice cât și în științele reale D. Lenat propune o serie de principii ce trebuie respectate în euristica generală.

Tabelul 2. Principii de euristică generală [10]

No.	Euristică
1.	Dacă X este adesea adevărat, încercați să aflați exact unde este valabil și unde nu.
2.	Dacă trebuie să faceți o sarcină nouă, complicată, încercați să aranjați lucrurile astfel încât instrumentele, subsarcinile etc. să fie foarte familiare.
3.	Priviți cazurile extreme ale relațiilor cunoscute.
4.	Ignorați detaliile minore până când se formează un plan de bază.

Aplicabilitatea acestor principii s-a dovedit a fi una foarte largă indiferent de domeniul din care face parte subiectul.

Dezvoltarea gândirii științifice din perspectiva *euristicii* ca metodă de cercetare bazată pe descoperirea de fapte noi și-a găsit aplicabilitatea în *Teoria Rezolvării Problemelor Inventive* propusă de savantul G. Altshuller în 1946, care a lucrat la biroul de brevete și a analizat acolo 40.000 de brevete în încercarea de a găsi modele în procesul de rezolvare a problemelor de inginerie și apariția de noi idei [14]. *Teoria Rezolvării Problemelor Inventive* a câștigat popularitate în științele reale și ulterior și în științele umaniste. Sarcina principală a subiectului implicat în soluționarea problemei, conform autorului acestei teorii, este de a găsi rapid soluții la problemele creative din *diverse domenii* ale cunoașterii [15].

Rezolvarea inventivă a problemelor din perspectiva dată conduce spre dezvoltarea unor competențe intens legate de buna funcționare a gândirii științifice:

- Capacitatea de a identifica esența problemei;
- Capacitatea de a determina corect direcțiile principale ale căutării, fără a pierde multe direcții prin care se trece de obicei;
- Cunoașterea modului de sistematizare a căutării de informații privind alegerea sarcinilor și căutarea direcțiilor de soluții;
- Învățarea de a găsi modalități de a te îndepărta de soluțiile tradiționale;
- Abilitatea de a gândi logic, lipsit de logica formală (abstract) și sistemic;
- Îmbunătățirea semnificativă a eficienței muncii creative;
- Reducerea timpului de decizie;
- Capacitatea de a analiza lucrurile și fenomenele într-un mod nou (inedit);
- Capacitatea de a da impuls activității inventive;
- Abilitatea de a lărgi orizonturile.

Așadar cunoașterea specificului problemei și aplicarea strategiilor euristice bazate pe principii și algoritmi de rezolvare a problemelor inventive conduce la uniformizarea gândirii științifice din perspectiva științelor reale și socio-umaniste. Un cadru didactic indiferent de disciplină va utiliza aceleași strategii de predare, dar le va adapta la domeniul de studiu predat în funcție de conținut.

Teoria rezolvării inventive a problemelor are la bază o serie de algoritmi ce reprezintă o descriere detaliată și destul de laborioasă a secvenței *procesului inventiv*, care poate fi adoptată de fiecare persoană a cărei activitate este legată de un proces creativ. Dar, în același timp, trebuie remarcat faptul că nu numai cunoașterea este importantă, ci și înțelegerea algoritmilor, precum și practica de lucru cu acești algoritmi. G. S. Altshuller menționează că: „*Algoritmul rezolvării inventive a problemelor este un instrument de gândire, nu un înlocuitor al gândirii*” (G. S. Altshuller). G. S. Altshuller și-a numit algoritmul metodologic într-un sens larg, mai degrabă decât îngust, matematic. *Algoritmul pentru rezolvarea problemelor inventive* nu a necesitat o precizie strictă, cum ar fi, de exemplu, algoritmul pentru extragerea rădăcinii pătrate a unui număr întreg pozitiv. Era

flexibil: diferite probleme puteau fi rezolvate în moduri diferite, în funcție nu numai de condițiile problemei, ci și de cunoștințele, experiența și abilitățile gânditorului științific [16, 17].

Discuții și conceptualizări

În acest scop *Modelul procesului metacognitiv* elaborat de cercetătoarea B. Noel care conține componentele: *Situație prezentată subiectului*; *activități cognitive*; *produs mental*, la care se ajunge prin trei etape definite de autoare ca: *priza de conștiință/explicare*; *judicata metacognitivă și decizia metacognitivă*, l-am dezvoltat și completat cu componentele: *abordare, analiză și aplicare critică* ca element esențial al gândirii științifice și *abordare reflexivă*.

Așadar, schema modelului conceptual al dezvoltării și eficientizării gândirii științifice la cadrele didactice indiferent de domeniul de studiu a fost configurată de noi astfel (Figura 3.)

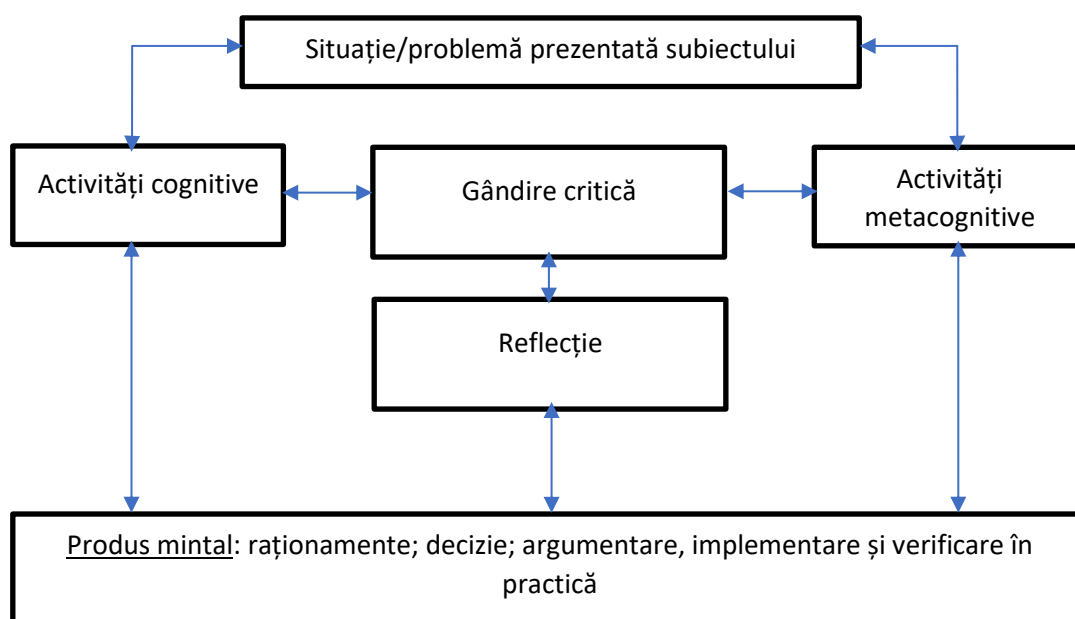


Figura 3. Modelul conceptual al dezvoltării și eficientizării gândirii științifice la cadrele didactice

După cum se poate observa Modelul expus include gândire critică, care este considerată de cercetători R. Paul, L. Elder, J.E. Dowd, M. F. Shaughnessy etc., [18, 19, 20] ca element esențial al gândirii științifice; reflecția, proces care ghidează acțiunile subiectului, oferind analize, comparații, sinteze, interpretări, concretizări, pronosticuri etc. și contribuie la eficientizarea produsului mental, care, în cazul cadrelor didactice poate fi un proiect al lecției, o strategie sau o tehnologie didactică, soluționarea unor dileme și probleme educaționale etc. Ca și finalitate putem identifica acele elemente la care s-a referit cercetătorul D. Klahr în teoria sa cu privire la *Descoperirea științifică ca căutare dublă*:

raționamente; decizie; argumentare, implementare și verificare în practică [9]. Ca și procedură prin intermediul căreia ajungem la această finalitate o reprezintă euristicile utilizate în cadrul algoritmului rezolvării problemelor inventive propus de G. Altshuller [14].

Concluzii și recomandări de perspectivă

Reieșind din repererele metodologice conturate și abordările teoretice expuse cu privire la dezvoltarea și eficientizarea gândirii științifice la cadrele didactice din diferite domenii propunem ansamblul de strategii, care valorificate consecvent și conștient vor contribui la eficientizarea dezvoltării gândirii științifice la pedagogi atât din perspectiva științelor umanistice cât și din perspectiva științelor reale.

- *Strategia centrării pe armonizarea celor patru nivele ale sistemului cognitiv* (cunoștințe, procesarea cunoștințelor; algoritmic reprezentational și cel de implementare). Această strategie necesită de la adult o recunoaștere obiectivă a potențialului său cognitiv și o capacitate de proiectare a acțiunilor sale spre optimizarea tuturor componentelor enumerate.

- *Strategia centrării pe lectura critică și reflecție*. Această strategie orientează cadrul didactic spre un șir de acțiuni importante: a fi la curent cu noutățile științifice și metodice în domeniul educațional; a căuta și a folosi surse credibile și solide din punct de vedere informațional; a citi informația în întregime, surprinzând esența, structura, logica ideilor expuse etc., a elabora și verifica judecățile și raționamentele făcute pe marginea lucrării lecturate: a reflecta asupra faptului cum pot fi valorificate anumite elemente, metode, mijloace, idei în practica educațională.

- *Strategia dezvoltării capacităților gândirii critice, abordată ca element esențial al gândirii științifice* va orienta cadrul didactic spre conștientizarea și eficientizarea următoarelor calități:

- a observa, a analiza și a determina problemele ce pot să apară în cadrul educațional;
- a elabora și a evalua inducțiile și deducțiile proprii și ale elevilor;
- a formula și rezolva probleme;
- a elabora-verifica ipoteze și presupozii;
- a elabora și verifica judecățile;
- a lua în considerație contextul, alternativele, scopul acțiunilor etc.;
- a interpreta și argumenta deciziile și acțiunile sale;
- a lua în considerație particularitățile de vârstă, de personalitate, climatul moral din colectivul de elevi sau studenți;
- a stimula creativitatea și metacogniția elevilor;
- a analiza structurat, a compara, a sintetiza și a face raționamente.

Evident că aceste calități pot fi continuate, însă cert rămâne faptul că pedagogul trebuie să fie numai o persoană care-și cunoaște disciplina predată la perfecție, ci să posedă și elementele gândirii laterale, intuitive, filosofice, epistemologice etc.

Strategia axării pe autoperfecționare și autoeficiență, care orientează pedagogul spre o activitate permanentă de cizelare a gândirii sale, spre corelarea gândirii profesionale cu cea științifică; spre căutarea și valorificarea posibilităților de sporire a calităților de personalitate și a celor profesionale indiferent de domeniul de studiu din care face parte.

Bibliografie

1. HACKLING, M. Preparing today's children for the workplace tomorrow: The critical role of STEM education. *International Journal of Innovations in Science and Mathematics Education*, 2015. 23(3), pp.5 9-62.
2. SANDULEAC, S.; CUZNEȚOV, L. *Dezvoltarea gândirii științifice la cadrele didactice: fundamente teoretice și aplicative*. Ghid metodologic. Chișinău: Pulsul Pieței. 2021. 151 p. ISBN 978-9975-3000-9-4.
3. MORITZ, KR.; VORHOLZER, A.; NEHRING, A. Scientific Reasoning in Science Education: From Global Measures to Fine-Grained Descriptions of Students' Competencies. In: *Education Sciences* 12, no. 2: 2022. 97. <https://doi.org/10.3390/educsci12020097>
4. KLAHR, D.; CARVER, S.M. **Scientific thinking about scientific thinking**. Monogr. Soc. Res. Child Dev. 1995, 60, pp.137–151. [Google Scholar] [CrossRef]
5. HAMMANN, M.; PHAN, T.; EHMER, M.; GRIMM, T. Assessing pupils' skills in experimentation. *J. Biol. Educ.* 2008, 42, 66–72. [Google Scholar] [CrossRef]
6. SCHOEFER, M. Processes and Methods for Interdisciplinary Problem Solving and Technology Integration in Knowledge-Intensive Domains. 2015. 213 p. 10.13140/RG.2.1.4635.4087.
7. Etapele cercetării științifice. In: <https://destepti.ro/etapele-cercetarii-stiintifice/> (accesat 01.09.2022).
8. ZUCKERMAN, H. *Scientific Elite: Noble Laureates in the United States*. Ney York, Free Press. 1977.
9. KLAHR, D. *Scientific Discovery as Problem Solving. Exploring Science: The Cognition and Development of Discovery Processes*. Klahr D. Cambridge, The MIT Press. 2000.
10. LENAT, D. The Ubiquity of Discovery. *Artificial Intelligence* 9. 1978. pp. 257-285.
11. JONASSEN, D.H. Toward a design theory of problem solving. *ETR&D* 48, 2000 pp. 63–85. <https://doi.org/10.1007/BF02300500>
12. NEWELL, A.; SIMON, H. *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall. Vol. 104. No. 9. 1972.

13. SILVER, E. An Overview of Heuristic Solution Methods. *The Journal of the Operational Research Society* 55: 2004. pp.936-956.
14. ПЕТРОВ, В.; АБРАМОВ, О. АРИЗ-85-В. *Алгоритм решения изобретательских задач. Задачник*. 2018. ISBN 978-5-4496-0190-2.
15. MEJÍA, D.; GONZALO, J. Establishing the Fundamentals of the TRIZ application to the development or improvement of SMEs Business Models.
16. ПЕТРОВ, В. Алгоритм решения изобретательских задач. Тель - Авив. 1999. 256 с. ISBN 965-7127-00-9. In: <https://www.trizland.ru/trizba/pdf-books/ariz.pdf> (accesat 24.06.2022).
17. Алгоритмы решения изобретательских задач – АРИЗ. In: <https://4brain.ru/triz/ariz.php> (accesat 24.06.2022)
18. DOWD, J.E.; THOMPSON, R.J. JR.; SCHIFF, L.A.; REYNOLDS, J.A. *Understanding the Complex Relationship between Critical Thinking and Science Reasoning among Undergraduate Thesis Writers*. CBE Life Sci Educ. 2018 Spring;17(1):ar4. doi: 10.1187/cbe.17-03-0052. PMID: 29326103; PMCID: PMC6007780.
19. SHAUGHNESSY, M.; VARELA, M.; LIU, Z. Critical Thinking in Science: What Are the Basics?. *World Journal of Educational Research*. 4. 585. 2017. 10.22158/wjer.v4n4p585. https://www.researchgate.net/publication/321537481_Critical_Thinking_in_Science_What_Are_the_Basics
20. PAUL, R.; ELDER, L. *A miniature guide for students and faculty to Scientific Thinking*. Dillon Beach: Foundation for Critical Thinking, 2003. 48 p.