

DEZVOLTAREA CUNOAȘTERII PEDAGOGICE A CONȚINUTULUI DE CĂTRE PROFESORI ÎN CONTEXTUL ANTRENĂRII ELEVILOR ÎN ACTIVITĂȚI ȘTIINȚIFICE

CZU: 37.013.+37.091

DOI: <https://doi.org/10.52673/18570461.24.3-74.16>Doctor în chimie **Roxana S. TIMOFTE**E-mail: roxana.timofte@ubbcluj.roORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8591-640X>

Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca, România

DEVELOPMENT OF PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE BY TEACHERS IN THE CONTEXT OF ENGAGING STUDENTS IN SCIENTIFIC PRACTICES

Summary. The new educational standards for pre-university science learning were proposed in 2012 in the United States, comprising three dimensions for science learning: scientific and engineering practices, crosscutting concepts and disciplinary core ideas. In 2014, J. Osborne emphasized the fact that teaching and evaluating the scientific practices involves the development of pedagogical content knowledge of teachers. In the model proposed by Magnusson et al., pedagogical content knowledge of science teachers includes orientation towards science teaching; knowledge and beliefs about the curriculum; knowledge and beliefs about how students understand science; knowledge and beliefs about assessment methods in science; knowledge and beliefs about instructional strategies used in science teaching. Orientation towards teaching science shapes the other components. In this article it is discussed how the components of pedagogical content knowledge might develop when teachers teach and assess scientific practices.

Keywords: three-dimensional learning in science, scientific practices, pedagogical content knowledge.

Rezumat. Noile standarde educaționale referitoare la învățarea științelor în mediul preuniversitar, propuse în anul 2012 în Statele Unite ale Americii, cuprind trei dimensiuni cheie pentru învățarea științelor: activitățile științifice și ingineresti, macroconcepțiile și ideile centrale specifice unei arii curriculare. În anul 2014, J. Osborne a subliniat faptul că predarea și evaluarea activităților științifice presupune dezvoltarea cunoașterii pedagogice a conținutului de către profesori. În modelul propus de Magnusson et al., componentele cunoașterii pedagogice a conținutului de către profesori sunt: orientarea față de predarea științelor; cunoașterea pedagogică a conținutului în cazul profesorilor de științe cuprinde cunoașterea și credințele despre curriculum, cunoașterea și credințele despre modul în care elevii înțeleg știința, cunoașterea și credințele referitoare la metodele de evaluare la științe; cunoașterea și credințele referitoare la strategiile instructionale folosite în predarea științelor. Orientarea față de predarea științelor modelează celelalte componente. În acest articol se discută modul în care componentele cunoașterii pedagogice a conținutului s-ar putea dezvolta în cazul în care profesorii predau și evaluează activitățile științifice.

Cuvinte-cheie: dimensiuni cheie ale învățării științelor; activități științifice; cunoașterea pedagogică a conținutului.

DIMENSIUNI CHEIE ALE ÎNVĂȚĂRII ȘTIINȚELOR

În anul 2012 [1], în Statele Unite s-au propus noi standarde educaționale privind învățarea științelor în mediul preuniversitar. Scopul introducerii standardelor a fost ca „până la finalul clasei a XII-a toți elevii să aprecieze frumusețea științelor și spiritul investigativ specific științelor; să dețină suficiente cunoștințe științifice și ingineresti, astfel încât să se poată angaja în discuții publice pe teme științifice sau ingineresti; să fie consumatori prudenți ai informațiilor științifice și tehnologice referitoare la viața de zi cu zi; să fie capabili să continue să învețe noțiuni științifice în afara școlii; să aibă abilită-

țile necesare pentru a urma cariera pe care și-o doresc în Știință, Inginerie, Tehnologie (și nu numai)” [1, p. 1].

Alt obiectiv pentru dezvoltarea acestui cadru de referință a fost pregătirea elevilor pentru a fi capabili să rezolve probleme din viața cotidiană. O asemenea abordare privind învățarea științelor prevede trei dimensiuni cheie (eng. *three-dimensional learning* [3D], [2]: activitățile științifice și ingineresti, macroconcepțiile și ideile centrale specifice unei arii curriculare [1]. În cazul științelor, sunt esențiale atât cunoașterea științifică, cât și abilitatea de a executa cu succes activitățile specifice științelor. Cele opt activități științifice și ingineresti identificate sunt: adresarea întrebărilor (pentru științe) și definirea problemelor (pentru inginerie);

dezvoltarea și utilizarea modelelor; planificarea și efectuarea investigațiilor; analiza și interpretarea datelor; utilizarea matematicii și a gândirii computaționale; elaborarea explicațiilor (pentru științe) și design-ul soluțiilor (pentru inginerie); argumentarea pe baza dovezilor și obținerea, evaluarea și comunicarea informațiilor [1]. Macroconceptele au aplicații în toate domeniile științei. Macroconceptele sunt: modele (eng. *pattern*); cauză și efect; scală, proporție, cantitate; sisteme și modele de sisteme; energie și materie; structură și funcție; stabilitate și transformare [1].

Pentru implementarea standardelor propuse în acest cadru de referință activitățile didactice la clasă ar trebui să includă contexte educaționale în care elevii să fie implicați în investigații, rezolvarea de probleme, dezbateri, învățarea contextuală, modelare, activități care presupun folosirea gândirii sistemice [3; 4]. Chiar dacă aceste standarde au fost propuse pentru învățarea științelor la nivel preuniversitar, s-au întreprins numeroase studii referitoare la implementarea modelului 3D și la nivel universitar [de exemplu: 5].

ACTIVITĂȚILE ȘTIINȚIFICE

Activitățile științifice fac referire la ansamblul de activități în care elevii/studentii se angajează atunci când învață știința și au înlocuit termenul de *investigație științifică* din standardele americane din 1996 [6]. Se folosește termenul *activitate*, și nu *abilitate*, pentru a se scoate în evidență faptul că implicarea în activitățile științifice (de natura investigativă) presupune o coordonare a abilităților cu acele cunoștințe care sunt specifice fiecărei practici în parte [7; 1]. De asemenea, se evidențiază că elevii/studentii ar trebui să se implice sărguincios în aceste activități, și nu doar să învețe despre ele [7; 1]. Elevii/studentii ar trebui să dețină cunoștințe științifice, să fie capabili să acționeze în modul specific oamenilor de știință și să înțeleagă natura științei [8].

Cele opt activități științifice și ingineresti nu se execută în mod izolat, ele se suprapun și se întrepătrund [8]. În modelul propus în anul 2012, activitățile științifice și ingineresti erau grupate în trei sfere: investigarea, evaluarea, dezvoltarea explicațiilor și a soluțiilor [1].

M.P. Jiménez-Aleixandre & B. Crujeiras [7] propun o asociere între cele trei sfere de activități specificate în standardele americane în 2012 și competențele științifice propuse în cadrul PISA în 2015, și anume, între **activitățile științifice**: evaluarea și designul activităților de investigație științifică; interpretarea științifică a datelor și a dovezilor; explicarea științifică a fenomenelor și **competențele**: investigație; argumentare; modelare.

A.M. Phillips et. al. (2017) [9] afirmă că prima activitate științifică – adresarea întrebărilor –, așa cum este definită în standardele americane, nu reflectă activitatea de cercetare a oamenilor de știință, care de obicei nu începe cu o întrebare clară. Astfel, A.M. Phillips et al. (2017) propun ca în standarde să apară următoarele specificații: a) *adresarea întrebărilor* sa fie înlocuită cu *identificarea incertitudinilor și elaborarea întrebărilor*; b) *identificarea incertitudinilor și elaborarea întrebărilor* include și se suprapune peste celelalte activități științifice; c) ar trebui să se specifice că nu toate întrebările și problemele pot avea o rezolvare de natură experimentală, cel puțin nu cu mijloacele actuale.

PREDAREA ȘI EVALUAREA ACTIVITĂȚILOR ȘTIINȚIFICE

Strategiile întreprinse de profesori pentru a preda activitățile științifice sunt ori strategii centrate pe student, ori o combinație între strategiile centrate pe student și cele centrate pe profesor. Metodele didactice folosite preponderent pentru atingerea obiectivelor de ordin cognitiv au fost efectuarea experimentelor și angajarea elevilor/studentilor în dialog [6]. În anul 2021, Y.-C. Chen și T. Terada [8] au propus și validat un protocol pentru măsurarea celor opt activități științifice.¹ În cadrul acestui model, denumit „modelul comprehensiv”, s-au propus două niveluri: nivelul inferior, cu referire la cele opt activități, și nivelul superior, cu referire la faza dezvoltării cunoașterii (figura 1) [8].

¹ *Subactivitățile asociate celor opt activități științifice sunt prezentate în articolul cu titlul Development and validation of an observation-based protocol to measure the eight scientific practices of the next generation science standards in K-12 science classrooms [8].*

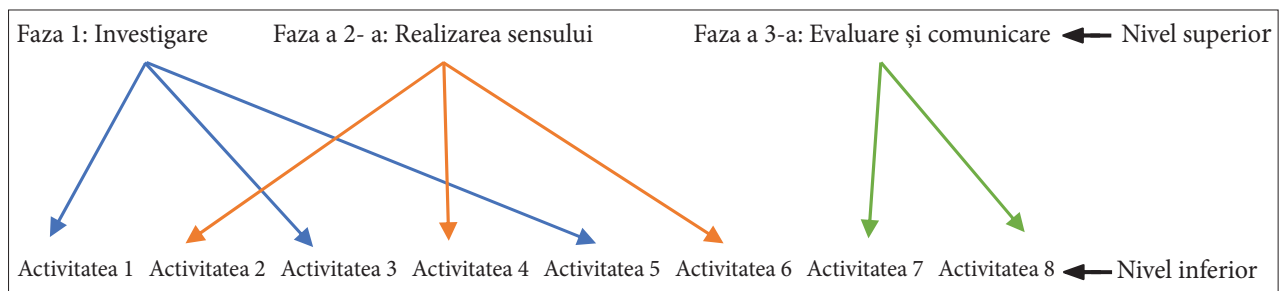


Figura 1. Structura ierarhică a „modelului comprehensiv” pentru măsurarea celor opt activități științifice [8].

CUNOAȘTEREA PEDAGOGICĂ A CONȚINUTULUI

În zilele noastre, cercetările care au ca temă cunoașterea profesională a cadrelor didactice sunt focalizate preponderent pe următoarele trei dimensiuni: *cunoașterea pedagogică* [eng. *pedagogical knowledge*, PK], *cunoașterea conținutului* (de specialitate) [eng. *content knowledge*, CK] și *cunoașterea pedagogică a conținutului* [eng. *pedagogical content knowledge*, PCK] [10]. L.S. Schulman a definit cunoașterea pedagogică a conținutului ca fiind „acel special amalgam între cunoașterea conținutului și cunoașterea pedagogică, care este un teren unic al profesorilor, forma lor specială de înțelegere profesională” [11, p. 8]. S. Aydin & Y. Boz [12, p. 615] definesc astfel natura „amalgamului” între cunoașterea conținutului și cunoașterea pedagogică: „Într-un fel, PCK este tipul de cunoaștere care diferențiază oamenii de știință de cadrele didactice. PCK este important ca și construct. În primul rând, PCK se formează prin transformarea/transpunerea diferitelor baze ale cunoașterii pentru activitățile didactice; cu toate acestea, nu este un amalgam obișnuit al lor. Mai degrabă componentele informează și interacționează unele cu altele. [...] În adiție, PCK are legătură cu înțelegerea conceptelor științifice de către elevi, având în vedere că unul dintre componentele PCK, cunoașterea elevilor, are ca focus dificultățile de învățare, concepțiile greșite și cunoștințele anterioare pe care elevii ar trebui să le stăpânească. Mai mult, PCK și componentele sale sunt utile cercetătorilor care studiază cunoașterea și practica cadrelor didactice, întrucât acestea oferă un cadru de referință pentru cercetători. În al doilea rând, PCK are un rol semnificativ în definirea cadrelor didactice eficiente și competente și în definirea practicii acestor cadre didactice” [12, p. 615].

În **modelul lui Schulman**, componentele centrale ale PCK sunt: cunoașterea modurilor de reprezentare ale conținutului și cunoașterea problemelor de învățare specifice; cunoașterea concepțiilor greșite tipice; cunoașterea proceselor de învățare [13]. Conținutul de specialitate trebuie reprezentat și formulat astfel

încât să fie ușor de înțeles de elevi [13]. Profesorul trebuie să cunoască diferite moduri de reprezentare a conținutului, unele dintre ele având ca fundament rezultatele studiilor de cercetare, iar altele având la bază experiența profesională a cadrului didactic [13; 14]. Figura 2 ilustrează transformarea cunoașterii conținutului științific în cunoașterea conținutului didacticizat (eng. *teachable*), prin cunoașterea și aplicarea diferitelor componente ale PCK [15]. Cunoștințele academice/științifice sunt transpuse în cunoștințe școlare [16].

De-a lungul timpului s-au propus diferite conceptualizări ale PCK, în continuare fiind prezentate conceptualizările cheie.

În **modelul propus de Magnusson et al.** [17], cunoașterea pedagogică a conținutului în cazul profesorilor de științe are cinci componente: a) orientarea față de predarea științelor; b) cunoașterea și credințele despre curriculum; c) cunoașterea și credințele despre modul în care elevii înțeleg știința; d) cunoașterea și credințele referitoare la metodele de evaluare la științe; e) cunoașterea și credințele referitoare la strategiile instructionale folosite în predarea științelor. S. Magnusson et al. [17] susțin că orientarea față de predarea științelor modelează celelalte componente ale cunoașterii pedagogice a conținutului, și anume:

- *Viziunea profesorilor asupra predării științelor*

Viziunea profesorilor asupra predării științelor poate fi explicată că fiind conceptualizarea predării științelor sau modul general de a vedea predarea științelor. Viziunea față de predarea științelor pe care o are fiecare profesor este importantă, întrucât îi ghidează deciziile, cum ar fi obiectivele învățării, evaluarea etc. În *Tabel* sunt prezentate scopurile asociate diferitelor orientări pentru predarea științelor.

- *Cunoașterea curriculumului la științe*

Cunoașterea curriculumului la științe include: a) scopurile și obiectivele educaționale indicate în documentele oficiale și b) programe școlare specifice. Cunoașterea curriculumului este considerată o componentă a cunoașterii pedagogice a conținuturilor,

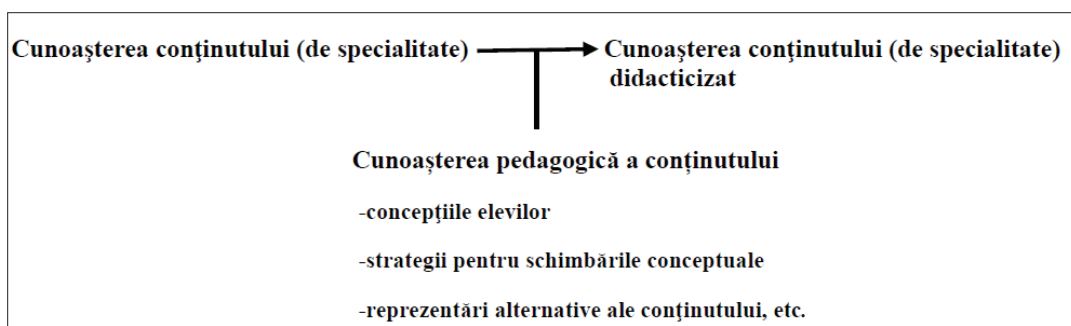


Figura 2. Transformarea conținutului științific în conținut didacticizat [14].

Scopurile asociate diferitelor orientări față de predarea științelor

Viziune/Orientare	Scop
Proces	Să ajute elevii să-și dezvolte gândirea specifică proceselor științifice
Rigoare academică	Să reprezinte un domeniu anume al cunoașterii
Didactic	Să transmită conținuturi
Schimbări conceptuale	Să faciliteze învățarea prin crearea de activități care facilitează schimbările conceptuale
Focalizat pe activități	Să implice elevii în activități de tip ”hands on”
Descoperire	Să ofere elevilor posibilitatea de a (re)descoperi ei înșiși anumite concepte științifice
Știința bazată pe proiecte	Să implice elevii în rezolvarea problemelor autentice
Investigație (eng. <i>inquiry</i>)	Să reprezinte știința ca o activitate de investigație
Investigația ghidată	Să constituie o comunitate de învățare, în care fiecare membru își asumă responsabilitatea pentru a înțelege lumea, folosind metodele științifice

Sursa: Tradus și elaborat de autor pe baza [17].

întrucât este specifică profesorilor de specialitate, nu pedagogilor.

▪ *Cunoașterea modului în care elevii înțeleg științele*

Această componentă a cunoașterii pedagogice a conținutului include: a) cerințe pentru învățarea unor concepte științifice specifice și b) arii ale științelor pe care elevii le găsesc dificile. Cunoașterea modului în care elevii înțeleg știința joacă un rol important în învățare, întrucât profesorii trebuie să știe cum anume pot ajuta elevii să-și dezvolte cunoașterea științifică.

▪ *Cunoașterea strategiilor de evaluare la științe*

Se consideră ca această componentă a cunoașterii pedagogice a conținutului are două subcomponente: cunoștințe referitoare la dimensiunile învățării la științe, care sunt importante și trebuie evaluate; și cunoașterea metodelor de evaluare prin care se poate evalua învățarea.

▪ *Cunoașterea strategiilor didactice*

Subcomponentele acesteia sunt: cunoașterea strategiilor didactice specifice predării unei discipline, precum și cunoașterea strategiilor didactice specifice predării unei topici.

În anul 2019 s-a propus un **model de consens, rafinat/perfecționat al PCK** [eng. *Refined Consensus Model* (RCM)], care a avut la bază modele anterioare [18]. Un aspect cheie al acestui model este prezentarea a trei domenii diferite ale PCK: *PCK colectiv* (eng. *collective PCK*, cPCK), *PCK personal* (eng. *personal PCK*, pPCK), și *PCK adoptat* (eng. *enacted PCK*, ePCK). *Cunoașterea pedagogică a conținutului personală* este „cunoașterea, raționamentul și proiectarea activităților didactice pentru a preda o anumită topică într-un anumit mod, cu un anumit scop, pentru anumiți elevi și a obține astfel rezultate ale învățării îmbunătățite” [19, p. 36]. Profesorii pot contribui la *cunoașterea pedagogică a conținutului colectivă* prin

împărtășirea experiențelor proprii. În activitățile de predare, profesorii aplică *cunoașterea pedagogică a conținutului adoptată* prin „alegerea strategiilor de predare, a materialelor didactice sau a sarcinilor de lucru, pentru a structura procesul de învățare a elevilor” [20, p. 3]. Natura reflectivă a actului didactic se regăsește în modelul de consens, perfecționat al PCK; mai exact, etapele *proiectarea activităților didactice, susținerea activităților didactice, reflecția* (eng. *plan, teach, reflect*) constituie nucleul ePCK-ului [18; 20]. În modelul de consens, perfecționat al PCK, bazele cunoașterii profesionale sunt constituite din cunoașterea pedagogică, cunoașterea conținutului (de specialitate), cunoașterea elevilor, cunoștințele referitoare la curriculum și cunoștințele referitoare la evaluare. În funcție de nivelul de granularitate, PCK poate fi *specifică unei discipline, specifică unei topici, sau specifică unui concept* [18]. De exemplu:

▪ „Cunoașterea căilor efective de inițiere a elevilor din clasele mici în ceea ce privește argumentarea științifică (PCK specifică unei discipline);

▪ Cunoașterea concepțiilor tipice pe care le-ar putea deține elevii de gimnaziu, referitoare la fotosinteză (PCK specifică unei topici);

▪ Cunoașterea strategiilor prin care profesorul poate ajuta elevii să înțeleagă că materia nu este nici creată, nici distrusă (PCK specifică unui concept)” [18, p. 89].

K.K.H. Chan și A. Hume [21] au întreprins o analiză a studiilor empirice referitoare la cunoașterea pedagogică a conținutului de către profesorii de științe. *Cunoașterea modului în care elevii înțeleg materia și cunoașterea strategiilor didactice și a modului de reprezentare a conținuturilor* au fost identificate ca și componente ale PCK în cele mai multe dintre studiile empirice analizate.

DEZVOLTAREA CUNOAȘTERII PEDAGOGICE A CONȚINUTULUI DE CĂTRE PROFESORI ÎN CONTEXTUL ANTRENĂRII ELEVILOR ÎN ACTIVITĂȚI ȘTIINȚIFICE

În anul 2014, J. Osborne a subliniat faptul că predarea și evaluarea activităților științifice presupune dezvoltarea unui ansamblu de cunoștințe din sfera PCK-ului [22]. Mai jos se propun posibilele transformări ale PCK, luând în considerare componentele PCK din modelul propus de Magnusson et al. [17].

▪ Viziunea profesorilor asupra predării științelor

Având în vedere natura investigativă a activităților științifice, viziunea profesorilor asupra predării științelor ar trebui să se transforme, să fie centrată pe dezvoltarea gândirii specifice proceselor științifice a elevilor, focalizată pe schimbări conceptuale, pe activități, pe descoperire, bazată pe investigație sau pe rezolvarea problemelor autentice.

▪ Cunoașterea curriculumului la științe

Curriculumul la științe ar trebui dezvoltat luând în considerare stagiile dezvoltării longitudinale a unui concept sau a unei abilități (eng. *learning progressions*) [23]. În funcție de aceste stagii trebuie să se proiecteze activitățile didactice aferente implicării elevilor în activități științifice.

▪ Cunoașterea modului în care elevii înțeleg științele

Profesorii sau studenții în formare ar trebui să fie capabili să identifice și să elimine concepțiile greșite pe care elevii le au atât la nivel conceptual, cât și cele referitoare la activitățile practice.

▪ Cunoașterea strategiilor de evaluare la științe

Profesorii trebuie să fie capabili să dezvolte grile pentru evaluarea performanței elevilor în efectuarea activităților științifice, specificând și indicatorii pentru fiecare nivel de dezvoltare.

▪ Cunoașterea strategiilor didactice

Investigația și învățarea prin cercetare (eng. *research-based learning*) ar putea facilita dezvoltarea abilităților elevilor de a participa în activități științifice.

CONCLUZII

Proiectarea activităților didactice care să includă implicarea activă a elevilor în activități de investigație, înțelegerea naturii științei, cunoașterea și înțelegerea în profunzime a conținuturilor de specialitate și a macroconceptelor constituie provocări în predarea științelor. Adresarea acestor provocări ar putea constitui un pas important în dezvoltarea profesională a cadrelor didactice atunci când activitatea didactică este focalizată pe implicarea elevilor în activități științifice.

BIBLIOGRAFIE

1. National Research Council (NRC). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington DC: The National Academies Press, 2012, doi: <https://doi.org/10.17226/13165>
2. Three Dimensional Learning, [online] <https://www.nextgenscience.org/three-dimensional-learning> (consultat: 09.03.2023).
3. National Research Council. Guide to Implementing the Next Generation Science Standards. Washington, DC: The National Academies Press, 2015, doi: <https://doi.org/10.17226/18802>
4. Departamentul de Științele Educației al Universității din Michigan, Statele Unite. Michigan Science Standards. An overview for principals, [online] https://www.michigan.gov/-/media/Project/Websites/mde/Academic-Standards/MSS_Admin_Overview.pdf?rev=e628cefd04a4451aeb4464bb051e8ea (consultat: 09.03.2023).
5. Nelson, P.C., Matz, R.L., Bain, K., Fata-Hartley, C.L., & Cooper, M.M. Characterizing faculty motivation to implement three-dimensional learning. In: *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 2023, 5(1), doi: 10.1186/s43031-023-00079-0
6. Halawa, S., Hsu, Y.S., Zhang, W.X., Kuo, Y.R., & Wu, J.Y. Features and trends of teaching strategies for scientific practices from a review of 2008–2017 articles. In: *International Journal of Science Education*. 2020, 42(7), 1183-1206.
7. Jiménez-Aleixandre, M.P., Crujeiras, B. Epistemic Practices and Scientific Practices in Science Education. In: *Science Education*; Taber, K.S., Akpan, B. (Eds.), Rotterdam: Sense Publishers. 2017, 69-80.
8. Development and validation of an observation-based protocol to measure the eight scientific practices of the next generation science standards in K-12 science classrooms. In: *Journal of Research in Science Teaching*. 2021, 58(10), 1489-1526.
9. Phillips, A.M., Watkins, J., & Hammer, D. Problematizing as a scientific endeavor. In: *Physical Review Physics Education Research*. 2017, 13(2), 020107, doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020107>
10. Tröger, H., Sumfleth, E., Tepner, O. Chemistry Teachers' Professional Knowledge, Classroom Action, and Students' Learning: The Relevance of Technical Language. In: K. Hahl et al. (Eds.), *Cognitive and Affective Aspects in Science Education Research*, Cham: Springer. 2017, 207-219.
11. Shulman, L.S. Knowledge and teaching: foundations of the new reform. In: *Harv. Educ. Rev.* 1987, 57, 1-22.
12. Aydin, S. & Boz, Y. The nature of integration among PCK components: A case study of two experienced chemistry teachers. In: *Chem. Educ. Res. Pract.* 2013, 14, 615-624.
13. Shulman, L.S. Those who understand: knowledge growth in teaching. In: *Educ. Res.* 1986, 15, 4-14.
14. Neumann, K., Kind, V., Harms, U. Probing the amalgam: the relationship between science teachers' content, pedagogical and pedagogical content knowledge. In: *International Journal of Science Education*. 2019, 41 (7), 847-86.

15. Geddis, A.N., Onslow, B., Beynon, C., & Oesch, J. Transforming content knowledge: learning to teach about isotopes. In: *Science Education*. 1993. 77(6), 575-591.
16. Luca-Husti, M.-L. Considerații teoretice asupra transpunerii didactice. In: *Atelier Didactic*. Publicație periodică a Casei Corpului Didactic a Municipiului București. 2017, 6, 16-18.
17. Magnusson, S., Krajcik, J., Borko, H. Nature, sources, and development of the pedagogical content knowledge for science teaching. In: J. Gess-Newsome and N. G. Lederman (eds.), *Examining pedagogical content knowledge*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 1999, 95-132.
18. Carlson, J. & Daehler, K.R. The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. In: C. Hume et al. (eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*, Singapore: Springer. 2019, 77-92.
19. Gess-Newsome, J. A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. In: A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*, New York: Routledge. 2015, 28-42.
20. Behling, F., Förtsch, C., Neuhaus, B.J. Using the Plan-Teach-Reflect Cycle of the Refined Consensus Model of PCK to Improve Pre-Service Biology Teachers' Personal PCK as Well as Their Motivational Orientations. In: *Educ. Sci.* 2022, 12(10), 654, doi: <https://doi.org/10.3390/educsci12100654>
21. Chan, K.K.H., & Hume, A. Towards a consensus model: Literature review of how science teachers' pedagogical content knowledge is investigated. În: A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning PCK in teachers' professional knowledge*. Singapore: Springer. 2019, 3-76.
22. Osborne, J. Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. In: *Journal of Science Teacher Education*. 2014, 25(2), 177-196.
23. Liu, L., & Jackson, T.A. A recent review of learning progressions in science: Gaps and shifts. In: *The Educational Review*. 2019, 3(9), 113-126.



Timotei Bătrănu. *Pământ peticit*, 2018, ulei, carton, 51 × 50 cm.