

INSTRUIRE PRIN CERCETARE PENTRU O SOCIETATE BAZATĂ PE ANTREPRENORIAL INOVAȚIONAL

Eduard Coropceanu

Universitatea de Stat din Tiraspol (MOLDOVA)

Abstract.

Trends in modern society require the orientation of educational technologies towards the training of specialists capable of promoting innovative ideas, based on high-performance, non-polluting materials and technologies with significant economic impact. The elaboration of the educational methodology for training research-innovation-entrepreneurship skills is a complex objective, which depends on several factors: the level of professional training of teachers; psycho-pedagogical concept; material base etc. The development of interdisciplinary research skills and the organization of innovative entrepreneurial activity are the guarantor of social well-being.

Keywords: research, innovation, entrepreneurship, advanced technologies, STEM

Rezumat:

Tendințele din societatea modernă impun orientarea tehnologiilor educaționale spre formarea unor specialiști capabili să promoveze idei inovative, bazate pe materiale și tehnologii performante, nonpoluante și cu impact economic semnificativ. Elaborarea metodologiei educaționale de formare a competențelor cercetare-inovare-antreprenoriat este un obiectiv complex, care depinde de mai mulți factori: nivelul de pregătire profesională a cadrelor didactice; conceptul psihopedagogic; baza materială de care dispune cadrul didactic etc. Dezvoltarea competenței de cercetare interdisciplinară și organizarea activității antreprenoriale inovative prezintă garantul unei bunăstări sociale.

Cuvinte-cheie: cercetare, inovare, antreprenoriat, tehnologii performante, STEM

Metodologia didactică este într-o continuă evoluție în dependență de realitățile și necesitățile pieții muncii. Tendințele de bază în domeniu se axează pe valorificarea tehnologiilor performante în procesul educațional; orientarea instruirii spre cercetare și inovare; asigurarea integrității procesului educațional prin abordare interdisciplinară (inclusiv în baza concepției STEM); afirmarea spiritului autodidact în activitățile de cercetare; dinamica pozitivă a motivației pentru dezvoltarea competențelor investigaționale și a competenței antreprenoriale etc.

Creșterea economică, în contextul epuizării resurselor naturale, poate fi realizată doar în condițiile unor abordări inovative, bazate pe elaborarea materialelor noi și a tehnologiilor eficiente în baza lor. Platforma care poate genera această schimbare este sistemul educațional, care în mod direct influențează calitatea procesului de formare profesională a viitorilor specialiști. Pentru a stimula dezvoltarea gândirii inovative este necesară antrenarea permanentă în cercetarea științifică – proces care solicită producerea de noi cunoștințe științifice și aplicarea acestora în practică, interpretarea fenomenelor, formularea de concluzii și generarea unor idei, modele, elaborări originale.

Din această perspectivă întrebările care se conturează demonstrează importanța promovării instruirii prin cercetare:

- La ce nivel a sistemului educațional este necesară dezvoltarea competenței de cercetare?
- Cum poate fi realizată activitatea de cercetare la diferite etape ale formării personalității?
- Ce metodologii sunt funcționale la diferite trepte ale sistemului de învățământ?
- Care pot fi mecanismele de stimulare a implicării active în procesul de instruire prin cercetare? etc.

Curiozitatea și dorința de cercetare a mediului înconjurător este un proces caracteristic omului de la naștere. Pentru a nu dispărea interesul pentru cercetare, la fiecare etapă a vieții e important de a fortifica și dezvolta în evoluție această competență prin diferite metode.

La vârsta preșcolară (bazată pe curiozitatea de a cunoaște lumea înconjurătoare) se recomandă experiențe dezvoltate de la mici observații asupra unor fenomene simple din natură spre observări fenologice de lungă durată.

La nivelul învățământului primar se recomandă activități de descoperire a lumii, implicând studii integrate în domenii din care la ciclul gimnazial vor apărea disciplinele Biologie, Geografie, Chimie, Fizică. Este important ca aceste studii să includă suficiente aplicații practice care să valideze cunoștințele teoretice acumulate.

Conform Curriculei, ediția 2019, la nivel de gimnaziu și liceu a fost mărit numărul de activități experimentale, proiecte de cercetare și proiecte STE(A)M. Profesorul este încurajat să aplice tehnologii didactice inovative de formare la elevi a competențelor specifice disciplinei [1].

La nivel de gimnaziu se recomandă mai multe metode care susțin instruirea prin cercetare în domeniul Științe ale Naturii, una dintre cele mai valoroase fiind proiectul de cercetare (individual sau în echipă). Proiectele de cercetare reprezintă platforma pe care are loc intercalarea transversală a materiei din cadrul disciplinelor separate. Este importantă exersarea competenței experimentale (de manipulare cu vesela, reagenții și ustensilele, desfășurarea experimentelor, formularea concluziilor în baza rezultatelor experimentale etc.).

La nivel de liceu este necesar ca cercetările să rezulte cu formularea unor idei originale, elaborarea algoritmul de realizare a investigației, desfășurarea unor investigații științifice, demonstrarea creativității în elaborarea noilor modele, produse, instalații etc. Este necesar de promovat o serie de metode care consolidează spiritul investigational: Instruirea prin descoperire; Problematizarea; Dezbateri pe teme ce presupun abordări dihotomice; Lucrările practice; Observarea, descrierea și explicarea fenomenelor etc. Este important de a integra în procesul de instruire senzori, metode computaționale, proiecte STEM [2, 3].

Elevii vor fi implicați în activități de cercetare cu scopul stabilirii unor probleme și strategii eficiente de elaborare a unor soluții reale: Cercetări științifice incipiente; Activități cu caracter ecologic în localitatea natală; Jocul de rol; Experimentul virtual; Elaborarea proiectelor de cercetare/implementare a noilor cunoștințe etc. Activitățile experimentale extracurriculare stimulează motivarea elevilor pentru instruirea prin cercetare [4].

Competența antreprenorială trebuie să fie dezvoltată paralel cu competența de cercetare pentru ca elevul să poată face concluzii referitor la posibilitățile aplicării utile a cunoștințelor acumulate [5].

Cum poate fi asigurată eficacitatea instruirii prin cercetare la nivel preuniversitar?

Cunoașterea științifică funcțională rezultă din abordarea interdisciplinară prin:

1. Valorificarea metodologiei promovate de pedagogia interactivă în cheia paradigmei constructiviste, ca soluție pentru dezvoltarea pertinentă a spiritului investigațional.
2. Stimularea mecanismelor de formare a stilului activ de cunoaștere științifică prin managementul efectiv al situațiilor de învățare centrate pe educați.
3. Afirmarea extinsă a strategiilor de monitorizare eficientă a activității independente pentru dezvoltarea gândirii critice ce favorizează formarea autonomiei cognitive.
4. Promovarea cercetărilor interdisciplinare în cursul preuniversitar: Chimie-Biologie; Chimie-Geografie; Chimie-Ecologie; Chimie-Informatica; Chimie-Fizică; Chimie-Matematică etc.

La nivelul universitar activitatea de cercetare este obligatorie pentru validarea competențelor de cercetare în cadrul elaborării tezei de licență. Practica universitară demonstrează impactul semnificativ al cercetărilor interdisciplinare asupra dezvoltării competențelor profesionale comparativ cu cercetările monodisciplinare [6].

Realizarea studiilor în cadrul specialităților duble (Biologie și chimie, Geografie și biologie, Chimie și fizică etc.) permite formarea unei concepții largi despre natură și legitățile care o guvernează, explicarea unor fenomene complicate, adaptarea la cerințele variabile ale pieții muncii etc. Aceste procese permit apariția noilor idei, direcții, domenii de cercetare. Pentru specialitățile cu profil pedagogic formarea competenței de instruire prin cercetare este esențială, deoarece absolvenții lor reprezintă generația viitorilor profesori școlari, care în dependență de nivelul competențelor profesionale formate vor influența spiritul inovativ din școli. Cercetarea la facultate poartă un caracter științific fundamentat, fiind susținută de utilaj specializat de cercetare, metode de investigare contemporane. La această etapă tânărul specialist consolidează algoritmul: formularea problemei – stabilirea obiectivelor – determinarea condițiilor pentru activitățile experimentale – identificarea metodelor adecvate de cercetare – desfășurarea

experimentului și colectarea materialelor experimentale – prelucrarea materialului experimental și formularea concluziilor [7].

În învățământul superior nivelul de realizare a cercetării interdisciplinare este mai avansat și se bazează (în afară de cele enumerate în învățământul general) pe: Lucrările de laborator; Activitățile individuale; Lucrul științific în cadrul tezelor de licență...; Implicarea în cercetări din cadrul proiectelor științifice; Participarea la evenimente științifice; Prelucrarea datelor experimentale și publicarea lor; Stagierea în diferite laboratoare/centre științifice din instituția de baza sau în alte instituții din țară și de peste hotare; etc. Pot fi valorificate o serie de conexiuni inter- și transdisciplinare în cadrul programelor la domeniul Chimie (nivel universitar): Chimie-Fizică-Biologie; Chimie-Informatică-Pedagogie; Chimie-Informatică-Fizică; Chimie-Fizică-Ingenierie...

Specificul programelor de master constă în orientarea instruirii spre cercetări interdisciplinare mai complexe (ex: Biologie și psihologia sănătății; Educație STE(A)M și abordări pedagogice inovative; Sisteme geografice informaționale; Expertiza chimică și legală a materialelor etc.). În cadrul programelor de master cercetările au un caracter profund cu rezultate valoroase, bazate pe experimente de lungă durată. Este necesar ca activitatea de cercetare să fie orientată spre elaborarea noilor materiale și tehnologii utile pentru societate (agricultură, medicină, industrie alimentară etc.). Rezultatele cercetărilor se caracterizează prin noutatea științifică, bazată pe noi idei și produse materiale (compuși, tehnologii etc.). Un aspect obligatoriu al cercetării la master este participarea la manifestările științifice, diseminarea și publicarea rezultatelor acumulate. Astfel, la nivel de trepte ale sistemului educațional, menționăm evoluția de la metode simple de studiere a Naturii spre instruirea prin cercetare, ce conduce la consolidarea și afirmarea competenței de cercetare și inovare, la formarea competenței antreprenorială, generatoare de transfer tehnologic în mediul economiei reale [8].

Proiectarea disciplinelor de la confluența științelor constituie o strategie funcțională în valorizarea principiului abordării interdisciplinare.

Studiul interdisciplinar oferă reale oportunități:

- cercetări pluridimensionale ale fenomenului/substanței;
- determinarea domeniilor de utilizare practică a noilor materiale;
- înțelegerea profundă a logicii cercetării în baza rezultatelor studiilor complexe;
- declanșarea mecanismelor de stimulare a motivației pentru cercetarea științifică.

Cercetarea la nivel universitar trebuie să asigure rezolvarea unor probleme din biologie (medicină, agricultură), inginerie în baza sintezei studiului și utilizării unor compuși coordinativi:

- elaborarea modelelor artificiale ale unor molecule biologice cu importanță vitală;
- elaborarea biotehnologiilor eficiente pentru obținerea preparatelor enzimatică utilizate în diferite ramuri ale industriei alimentare și farmaceutice;
- introducerea moleculelor organice cu activitate biologică în compușii coordinativi ai metalelor tranziționale cu scopul obținerii unor complecși cu activitate mai înaltă;
- obținerea unor compuși cu proprietăți utile pentru medicină;
- sinteza materialelor cu proprietăți fizice valoroase (semiconductori, materiale poroase; materiale fotoluminiscente);
- obținerea unor sisteme utilizate în producerea hidrogenului etc.

Ca model pentru elaborarea noilor tehnologii eficiente pot servi compușii coordinativi, care conțin atât anioni metalici generatori de complex, cât și liganzi (cel mai des organici) cu diverse proprietăți, care conferă metalocomplexului diverse proprietăți biologice, fizice etc. utile pentru diverse domenii [9]. Identificarea domeniilor de aplicare practică a noilor compuși chimici este unul dintre obiectivele importante ale științei contemporane axate pe transferul cunoștințelor din sfera cercetării în cea a elaborării tehnologiilor moderne în baza noilor realizări. Compușii coordinativi ai metalelor tranziționale cu

liganzi chelanți ocupă un loc important în chimia contemporană. După structură metalocomplecșii sunt asemănători cu complecșii naturali biologici, reglatori ai funcțiilor vitale ale organismelor: hemoglobina (atomul central – Fe^{2+}), clorofila (atomul central – Mng^{2+}), vitamina B_{12} (atomul central – Co^{2+}). Însăși natura a evaluat în procesul de evoluție și selectare a celor mai avansate modele valoarea biomoleculilor macromoleculare pentru îndeplinirea funcțiilor biologice cu importanță vitală pentru organisme. Capacitatea de complexare a α -dioximelor cu metale de tip d atrage atenția cercetătorilor nu numai din perspectiva sintezei modelelor vitaminei B_{12} , dar și a spectrului larg de posibilități sintetice, analitice și structurale. Dioximații pot fi utilizați în calitate de catalizatori ai proceselor industriale, preparate antihipoxice, preparate cu proprietăți de antidot, pentru separarea și purificarea metalelor generatoare de complecși etc. [10].

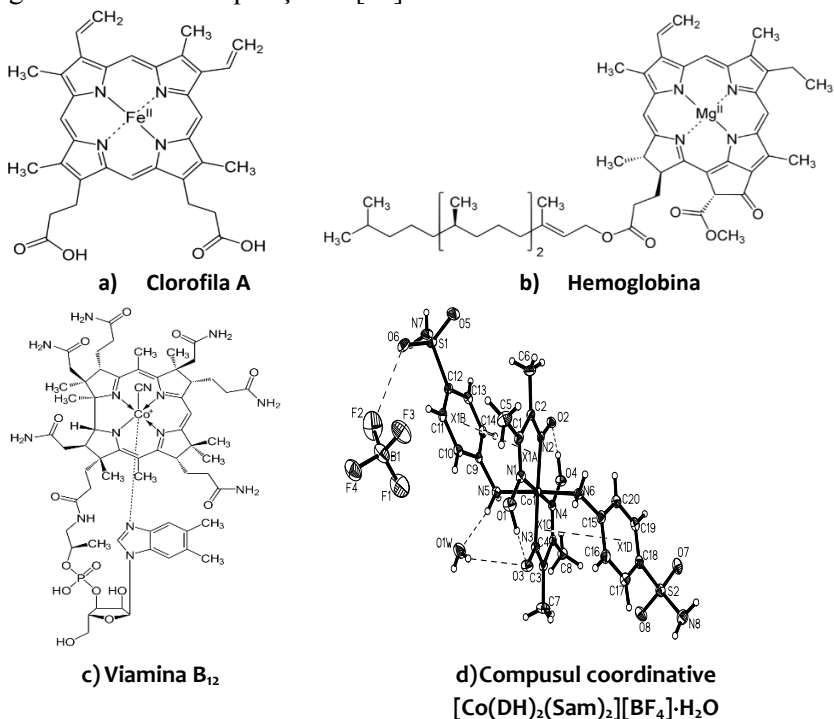


Fig. 1. Compuși coordinativi naturali (a-c) și sintetizat pe cale artificială (d)

Utilizarea compușilor coordinativi în calitate de stimulatori ai activității biologice a diferitor organisme este una dintre direcțiile solicitate pentru soluționarea unor probleme din medicină, industria alimentară, agricultură etc. Biotehnologia modernă acordă o atenție deosebită sintezei orientate a substanțelor bioactive de către microorganisme. Microorganismele sunt recunoscute ca surse economic avantajoase de obținere a unei game largi de substanțe bioactive valoroase [10]. Spre exemplu, complexul $[\text{Co}(\text{DH})_2(\text{Sam})_2][\text{BF}_4]\cdot\text{H}_2\text{O}$ sporește cu 40,8% față de control activitatea pectolitică a micromicetei *Penicillium viride*, fapt care sporește eficiența economică a biotehnologiilor industriale.

În viitor, reieșind perspectiva valorificării pe scară largă a hidrogenului ca sursă energetică, dioximații metalelor tranziționale pot servi în calitate de sursă de sinteză a hidrogenului (Fig. 2) [11].

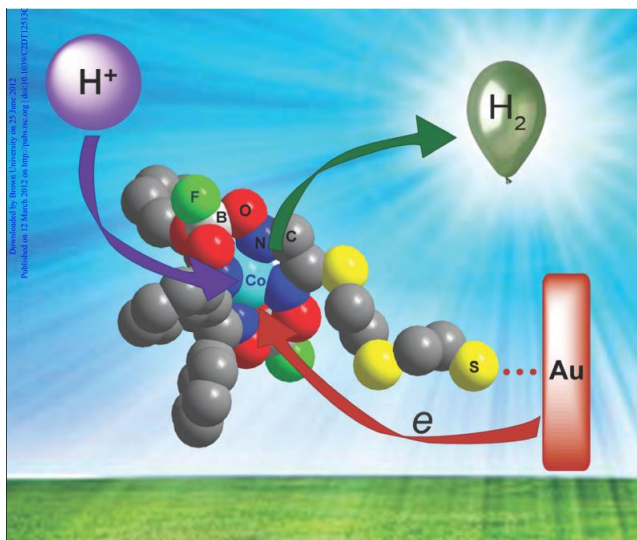


Fig. 2. Obținerea hidrogenului în procesele redox din dioximați ai metalelor tranziționale

O altă direcție care cunoaște o dezvoltare rapidă bazată pe sinteza compușilor coordinativi este obținerea materialelor cu structură poroasă pentru înmagazinarea moleculelor de diferită dimensionalitate. Aceste

materiale noi pot fi utilizate cu diferite scopuri în industrie, medicină etc. Un interes aparte prezintă materialele poroase cu proprietăți selective de adsorbție a moleculelor, care ar permite înmagazinarea unor produse chimice toxice (spre exemplu, monoxidul de carbon) sau invers - a unor substanțe medicamentoase care e necesar de a fi transportate direcționat la organul/țesutul afectat, fără a fi admisă repartizarea uniformă a substanței în tot organismul, care poate produce complicații pentru alte sisteme vitale. Un exemplu din domeniul dioximaților metalelor tranziționale ar putea servi $\{[\text{Zn}(\text{SO}_4)(\text{NioxH}_2)(\text{bpy})] \cdot 0.5\text{H}_2\text{O} \cdot \text{DMF}\}_n$, care înmagazinează în carcasa cristalină moleculele de apă și dimetilformaamidă (Fig. 3) [12].

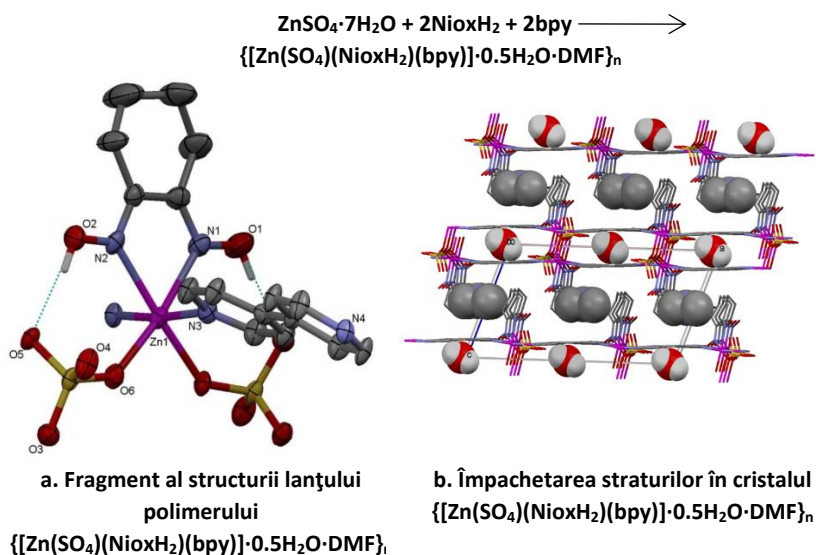
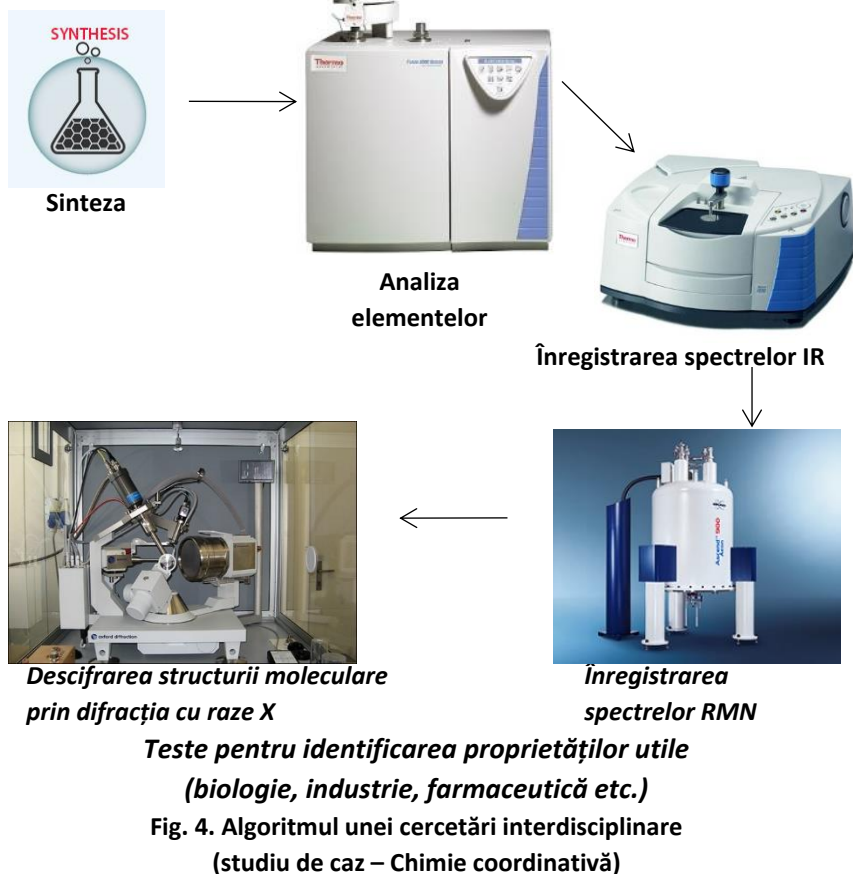


Fig. 3. Înglobarea moleculelor de apă și dimetilformamidă în spațiile intermoleculare din compusul coordonat $\{[\text{Zn}(\text{SO}_4)(\text{NioxH}_2)(\text{bpy})] \cdot 0.5\text{H}_2\text{O} \cdot \text{DMF}\}_n$

Astfel, procesul de elaborare a noilor materiale și tehnologii se bazează pe o perioadă de pregătire preexperiment, etapa experiment bazată pe un algoritm complex în dependență de obiective, metode de

investigare utilizate, prelucrarea datelor și formuarea concluziilor privind rezultatele cercetării etc.

În cazul compușilor coordinativ procesul de sinteză este etapa cea mai valoroasă. Originalitatea ideii sintezei, condițiile de sinteză, prognoza compoziției și structurii produșilor sunt determinate de creativitatea cercetătorului, posibilitățile logistice asigurate de utilajul de cercetare, colaborarea cu alte echipe de savant care pot realiza cercetări interdisciplinare etc. Algoritmul general al procesului de investigare a noilor compuși coordinativi este prezentat în Fig. 4.



Astfel, studenții ciclurilor I, II și III sunt implicate în cercetări care presupun elaborarea ideilor care generează noi materiale și tehnologii capabile de a spori eficiența economică, precum și promovarea strategiilor nonpoluante. Aceste condiții permit dezvoltarea mentalității educabilului cu orientare spre promovarea inovației.

Putem constata, că persoanele, formate în sistemul educațional în stil inovativ, de obicei și în activitatea profesională, inclusiv în afaceri se orientează pentru implementarea și dezvoltarea celor mai avansate tehnologii.

CONCLUZII:

- Competențele investigaționale constituie un produs al ghidării eficiente a instruirii prin cercetare la nivelul valorificării sistematice productive a situațiilor de învățare, debutând cu educația timpurie, în baza unor metodologii didactice funcționale, adaptate la specificul disciplinelor de studiu.
- Sporirea motivației pentru activitatea de cercetare pe termen lung devine posibilă prin:
 - (a) avansarea unor teme atractive de cercetări teoretico-aplicative cu pronunțat caracter interdisciplinar, orientate spre realizarea unor obiective cu evident impact socio-economic,
 - (b) antrenarea în proiecte de cercetare și validarea autonomiei cognitive a tinerilor.
- Asigurarea condițiilor materiale (echipament, ustensile, reagenți etc.) la toate treptele sistemului educațional este un factor determinant pentru realizarea cercetărilor de valoare.
- Din această perspectivă formarea personalității umane va fi orientată spre asigurarea evoluției: Atitudini/convingeri - Capacități - Cunoștințe - Cercetare științifică - Spirit inovațional - Competență antreprenorială.
- Formarea profesională continuă a cadrelor didactice pentru realizarea funcției de cercetare a educației constituie o premisă a dezvoltării societății bazate pe antreprenariat inovațional.

BIBLIOGRAFIE:

1. GODOROJA, R., COROPCEANU, E. Tehnologii didactice inovative de formare la elevi a competențelor specifice disciplinei chimie. In: *Acta et commentationes. Științe ale Educației*. 2018, nr 1, pp. 15-22.
2. ROTARI, N., CHIȘCA, D., COROPCEANU, E. Aspecte ale strategiei de proiectare–monitorizare–evaluare a proiectelor STE(A)M la disciplina Chimie. In: *Acta et commentationes. Științe ale Educației*. 2020, nr. 1, pp. 21-30.
3. CODREANU, S., IAVIȚA, T., COROPCEANU, E. Utilizarea senzorilor în motivarea pentru instruire la chimie. In: *Acta et commentationes. Științe ale Educației*. 2019, nr 3, pp. 153-160.
4. URECHE, D., COROPCEANU, E. Impactul experimentului demonstrativ-distractiv asupra dezvoltării competenței de cercetare a elevilor la chimie. In: *Acta et commentationes. Științe ale Educației*. 2019, nr. 1, pp. 190-197.
5. COROPCEANU, E., TANASACHI, O., LOZOVAN, V. Dezvoltarea competenței antreprenoriale: mecanism de stimulare a interesului pentru disciplina Chimie. In: *Univers pedagogic*. 2019, nr. 4, pp. 28-33.
6. CODREANU, S., ARSENE, I., COROPCEANU, E. The development of research competence based on quantum calculation of molecular systems. In: *Social Sciences and Education Research Review*. 2018, vol. 5, nr. 1, pp. 95-109.
7. CODREANU, S., COROPCEANU, E. Metodologia de instruire prin cercetare la chimie în context interdisciplinar. In: *Acta et commentationes. Științe ale Educației*. 2020, nr. 3, pp. 14-22.
8. COROPCEANU, E. Impact of Training Through Research on the Evolution of Contemporary Teaching Technology. In: *Profesional Education: Methodology, Theory and Technologies*. 2019, vol. 9, pp. 9-22.
9. COROPCEANU, E.; PARȘUTIN, V.; ȘOLTOIAN, N. și al. Inhibitor al coroziunii oțelurilor în apă. Brevet de invenție MD 4330 (BOPI, 2, 2015).
10. COROPCEANU, E., CILOCI, A., ȘTEFÎRȚĂ, A., BULHAC, I. Study of useful properties of some coordination compounds containing oxime ligands. Academia Greifswald, Germania. 2020. 266 p.
11. VOLOSHIN, Y.Z., BELOV, A.S., VOLOGZHANINA, A.V. et al. Synthesis, structure, properties and immobilization on a gold surface of the monoribbed-functionalized tris-dioximate cobalt (II) clathrochelates

- and an electrocatalytic hydrogen production from H⁺ ions. In: *Dalton Trans.* 2012, 41, 20, pp. 6078-6093.
12. CROITOR, L., COROPCEANU, E.B., SIMINEL, A.V. et al. Polymeric Zn(II) and Cd(II) Sulfates with Bipyridine and Dioxime Ligands: Supramolecular Isomerism, Chirality, and Luminescence. In: *Crystal Growth & Design.* 2011, V. 11, pp. 3536-3544.