

UNIVERSITATEA DE STAT DIN TIRASPOL

Cu titlul de manuscris
C.Z.U:378.091:54(043.3)

CODREANU SERGIU

**METODOLOGIA DE FORMARE ÎNȚĂLĂ A
COMPETENȚELOR PROFESIONALE ALE STUDENTULUI
CHIMIST ÎN CONTEXT INTERDISCIPLINAR**

532.02 DIDACTICA ȘCOLARĂ
(Chimie)

Teză de doctor în științe ale educației

Conducător științific:

Eduard Coropceanu, doctor, profesor
universitar interimar

Autor:

CHIȘINĂU, 2020

© Codreanu Sergiu, 2020

CUPRINS

ADNOTARE	4
АННОТАЦИЯ	5
ANNOTATION	6
LISTA ABREVIERILOR.....	7
INTRODUCERE	8
1. Repere psihopedagogice în formarea inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist	16
1.1. Delimitări conceptuale a noțiunii de competență profesională	16
1.2. Particularitățile formării competențelor profesionale ale studentului chimist.....	24
1.3. Abordarea interdisciplinară a curriculumului – deziderat al pedagogiei universitare postmoderne	35
1.4. Concluzii la Capitolul 1.....	47
2. Cadrul metodologic de formare inițială a competențelor profesionale ale studenților chimiști	49
2.1. Modelul pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale ale studenților chimiști în context interdisciplinar.....	49
2.2. Integrarea conținuturilor în formarea competențelor specifice ale studentului chimist	65
2.3. Metodologia implementării modelului elaborat din perspectiva formării competențelor specifice ale studentului chimist.....	74
2.4. Concluzii la Capitolul 2.....	112
3. Argumentarea experimentală a eficienței modelului și metodologiei de formare și dezvoltare a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar	113
3.1. Demersul experimental în domeniul formării competențelor profesionale ale studenților chimiști în context interdisciplinar	113
3.2. Determinarea nivelului inițial de formare a competențelor specifice ale studentului chimist în domeniul profesional	128
3.3. Descrierea experimentului de formare în context curricular a competențelor specifice necesare studentului chimist	134
3.4. Validarea experimentală a eficienței rezultatelor științifice experimentale obținute prin utilizarea metodelor matematico-statistice	144
3.5. Concluzii la Capitolul 3.....	163
CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI	164
BIBLIOGRAFIE	167
ANEXE	181
DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII	205
CURRICULUM VITAE	206

ADNOTARE

Codreanu Sergiu, **Metodologia de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar. Teză de doctor în științe ale educației, Chișinău, 2020**

Structura tezei: Introducere, trei capitole, concluzii generale și recomandări, bibliografia din 163 de titluri, 158 pagini de text de bază, 48 figuri, 37 tabele, 14 anexe. Rezultatele obținute sunt publicate în 19 lucrări științifice.

Cuvinte-cheie: competență, competență profesională, integrare, interdisciplinaritate, curriculum interdisciplinar, Model pedagogic de formare inițială, tehnologie de formare inițială a competenței.

Domeniul de studii: Științe ale educației. Didactica școlară (Chimie).

Scopul lucrării rezidă în determinarea reperelor teoretice și metodologice de formare/dezvoltare inițială a competențelor profesionale și elaborarea *Modelului pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar*.

Obiectivele cercetării: 1) Identificarea condițiilor și factorilor de integrare a conținuturilor științifice la specialitățile Chimie, Chimie și biologie, Biologie și chimie în scopul eficientizării procesului de formare inițială a competențelor profesionale în context interdisciplinar; 2) Elaborarea *Modelului pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar*; 3) Proiectarea conținuturilor integrate interdisciplinare și elaborarea metodologiei de implementare a curriculum-ului interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate*; 4) Validarea prin experiment pedagogic a eficienței modelului și metodologiei elaborate prin metode matematico-statistice.

Noutatea și originalitatea științifică a cercetării constă în elaborarea unui model de formare inițială a competențelor profesionale la chimie în context interdisciplinar, care se deosebește de modelele existente prin implementarea legăturilor interdisciplinare dintre chimie, fizică, informatică și biologie, proiectarea conținuturilor integrate și a curriculumului interdisciplinar pentru studenții chimiști *Chimia pentru viață – cercetări integrate*.

Rezultatele obținute care contribuie la soluționarea unei probleme științifice importante: a fost elaborată *Metodologia de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar*, care permite dezvoltarea personalității prin cercetare în baza conexiunilor disciplinelor înrudite cu Chimia, fapt care contribuie la motivarea pentru instruire conștientă și temeinică.

Semnificația teoretică este susținută de analiza, precizarea și stabilirea reperelor teoretice produse de legăturile interdisciplinare asupra procesului de formare inițială a competențelor profesionale a viitorilor specialiști în domeniul chimiei prin funcționalitatea Modelului, fiind soluționată problema formării inițiale a competențelor profesionale la chimie în context interdisciplinar în cadrul cursului *Chimia pentru viață – cercetări integrate*.

Valoarea aplicativă a cercetării: constă în determinarea și fundamentarea reperelor teoretico-metodologice de formare și dezvoltare a competențelor profesionale prin funcționalitatea *Modelului pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar* și implementarea Programului formativ în cadrul curriculum-ului *Chimia pentru viață – cercetări integrate*, care contribuie la formarea inițială a competențelor profesionale la chimie în context interdisciplinar.

Implementarea rezultatelor științifice: metodologia elaborată a fost utilizată în predarea cursului interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate*.

АННОТАЦИЯ

Кодряну Серджиу, **Методология начальной подготовки профессиональных компетенций студента-химика в междисциплинарном контексте.**

Докторская диссертация в области педагогических наук., Кишинев, 2020

Структура диссертации: введение, три главы, общие выводы и рекомендации, библиография из 163 наименований, 14 приложений, 158 страниц основного текста, 48 рисунков, 37 таблиц. Результаты исследования опубликованы в 19 научных работах.

Ключевые слова: компетентность, профессиональная компетентность, интеграция, междисциплинарность, междисциплинарная учебная программа, педагогическая модель начального обучения, технология формирования начальных компетенций.

Область исследования: Педагогические науки. Школьная дидактика (Химия)

Цель исследования состоит в определении теоретических и методологических ориентиров начальной подготовки/развития профессиональных навыков и разработке *Педагогической модели начальной подготовки профессиональных компетенций студента-химика в междисциплинарном контексте.*

Задачи исследования: (1) Определение условий и факторов интеграции научного содержания по специальностям Химия, Химия и биология, Биология и химия с целью оптимизации процесса начальной подготовки профессиональных компетенций в междисциплинарном контексте; (2) Разработка *Педагогической модели начальной подготовки профессиональных компетенций студентов-химиков в междисциплинарном контексте;* (3) Разработка междисциплинарного интегрированного содержания и методологии для реализации междисциплинарной учебной программы *Химия для жизни - интегрированные исследования;* (4) Подтверждение педагогическим экспериментом эффективности разработанной модели и методологии математически-статистическими методами.

Научная новизна и оригинальность работы состоит в разработке *Педагогической модели начальной подготовки профессиональных компетенций студента-химика в междисциплинарном контексте,* которая отличается от существующих моделей тем, что реализует междисциплинарные связи между химией, физикой, информатикой и биологией, необходимых для формирования начальных профессиональных компетенций по химии путем разработки интегрированного контента и междисциплинарной учебной программы для студентов-химиков *Химия для жизни - интегрированные исследования.*

Полученные результаты способствуют решению важной научной проблемы: разработана методика начальной подготовки профессиональных компетенций студента-химика в междисциплинарном контексте, которая позволяет развивать личность посредством исследований, основанных на связях других дисциплин с химией, что способствует мотивации для сознательного обучения.

Теоретическая значимость исследования подтверждается анализом, уточнением и установлением теоретических ориентиров, выработанных междисциплинарными связями, в процессе начальной подготовки профессиональных компетенций будущих специалистов по химии посредством функциональных возможностей *Модели,* решение проблемы начальной подготовки профессиональных компетенций по химии в междисциплинарном контексте в учебной программе *Химия для жизни - интегрированные исследования.*

Практическая значимость исследования состоит в определении и обосновании теоретико-методологических ориентиров обучения и развития профессиональных навыков с помощью функциональности *Педагогической модели начальной подготовки профессиональных компетенций у студента химика в междисциплинарном контексте* и реализации системы обучения в учебной программе *Химия для жизни - интегрированные исследования,* которое вносит вклад в начальную подготовку профессиональных компетенций по химии в междисциплинарном контексте.

Внедрение результатов исследования: разработанная методология была использована при преподавании междисциплинарного курса *Химия для жизни - интегрированные исследования.*

ANNOTATION

Codreanu Sergiu, **Initial training methodology of the professional competences of the chemistry student in an interdisciplinary context. Doctoral thesis in pedagogical sciences, Chişinău, 2020**

Structure of the thesis: introduction, 3 chapters, general conclusions and recommendations, bibliography of 163 titles, 158 pages of basic text, 37 tables, 48 figures, 14 annexes. Results published in 19 scientific works.

Key concepts: competence, professional competence, integration, interdisciplinarity, interdisciplinary curriculum, Pedagogical model for initial training, technology of initial training of competence.

Field of study: Education Sciences, School didactics (Chemistry).

The research purpose is to determine the theoretical and methodological benchmarks of initial training / development of professional competences and the elaboration of the *Pedagogical Model of initial training of the professional competences of chemistry students in an interdisciplinary context*.

The objectives of the research: 1) identifying the conditions and factors for integrating scientific content in the specialties of Chemistry, Chemistry and Biology, Biology and Chemistry in order to make more efficient the process of initial training of professional competences in an interdisciplinary context; 2) elaborating the *Pedagogical Model of initial training of the professional competences of chemistry students in an interdisciplinary context*; 3) designing interdisciplinary integrated contents and elaborating of the methodology for implementing the interdisciplinary curriculum on free choice *Chemistry for life - integrated research*; 4) validating through pedagogical experiment of the efficiency of the model and methodology elaborated by mathematical-statistical methods.

The novelty and scientific originality of the research are justified by the elaboration of an initial training model of professional competences in chemistry in an interdisciplinary context, which differs from the existing models by implementing interdisciplinary links between chemistry, computer physics and biology, necessary to form initial professional competences in chemistry design of integrated content and interdisciplinary curriculum for chemistry students: *Chemistry for life - integrated research*.

The scientific problem solved in the paper consists in theoretical and methodological demonstration through the functionality of the *Pedagogical Model of initial training of the professional competences of chemistry students in an interdisciplinary context* through the interdisciplinary curriculum: *Chemistry for life - integrated research*, focused on the initial training of future teachers' professional competences of and specialists in chemistry.

The results that contribute to solving an important scientific problem: the *Methodology for initial training of professional competences of the chemistry student in an interdisciplinary context* was developed, which allows the development of personality through research based on connections of disciplines related to Chemistry, which contributes to motivation for conscious and methodical training.

The theoretical significance of the investigation lies in the analysis, specification and establishing theoretical benchmarks produced by interdisciplinary ties on the initial training process of professional competences of future specialists in chemistry through the functionality of the Model, thus solving the problem of initial training of professional competences in chemistry in an interdisciplinary context at *Chemistry for Life - research integrated* course.

The applicative value of the research is argued by the establishment and demonstration of the theoretical-methodological benchmarks of training and development of professional competences through the functionality of the *Pedagogical Model of initial training of the professional competences of chemistry students in an interdisciplinary context* and implementation of the *Chemistry for Life - integrated research* training program within the curriculum, which contributes to initial training professional competences in chemistry in an interdisciplinary context.

The implementation of the scientific results: the developed methodology was used during the interdisciplinary course teaching *Chemistry for Life - integrated research*.

LISTA ABREVIERILOR

RMN	-	Rezonanța magnetică nucleară
DFT/TFD	-	Teoria Funcționalei de Densitate
TIC	-	Tehnologii informaționale și comunicaționale
CNCRM	-	Cadrul Național al Calificărilor al Republicii Moldova
DMSO	-	N, N'-dimetilsulfoxidă
DMF	-	N, N'-dimetilformamidă
CH ₃ OH	-	metanol
IR	-	infraroșu
RMN	-	rezonanța magnetică nucleară
Å	-	angstrom
Zn(BF ₄) ₂ ·6H ₂ O	-	tetrafluoroborat de zinc hexahidrat
Zn(CH ₃ COO) ₂ ·2H ₂ O	-	acetat de zinc dihidrat
NioxH ₂		1,2-ciclohexandiondioximă
paoH ₂		piridin-2-aldoximă
S-Nia		tio-nicotinamidă
Nia		nicotinamidă
I-Nia		izo-nicotinamidă
RM	-	Republica Moldova
UST	-	Universitatea de Stat din Tiraspol
CP	-	Competență profesională
Me	-	metal

INTRODUCERE

Actualitatea și importanța problemei abordate. În contextul învățământului european și național ce converg către o viziune comună, formarea specialistului competent este unul dintre obiectivele ce vizează calitatea educației. Dinamica și complexitatea socioeconomică actuală solicită o adaptabilitate continuă din partea specialiștilor, de aceea învățământul superior trebuie să-și ajusteze documentele de politici pentru a pregăti specialiști competenți ce fac față provocărilor sociale, cât și inovațiilor științifice ce decurg din cercetarea în diverse domenii. Astfel competența profesională a devenit conceptul-cheie al politicilor educaționale la nivel universitar, devenind strategică și determinativă în formarea specialiștilor de înaltă calificare pe piața muncii.

Codul Educației al Republicii Moldova, art. 75 [1], stipulează misiunea învățământului superior, ca fiind un element esențial în dezvoltarea culturală, economică și socială a societății, având următoarele funcții: a) crearea, păstrarea și diseminarea cunoașterii la un nivel superior de excelență; b) formarea specialiștilor de înaltă calificare, competitivi pe piața națională și internațională a muncii. Astfel, formarea specialiștilor competenți rămâne a fi una din importantele cerințe înaintate pentru învățământul superior, fiind axată pe implementarea în practica educațională contemporană a unui învățământ din perspectiva competențelor, care rămâne a fi dificilă, dar actuală și inevitabilă.

În prezent cunoștințele, abilitățile, valorile și atitudinilor necesare studenților în vederea inserției sociale și reușitei personale, precum și inserției profesionale de succes nu pot fi integral dezvoltate prin intermediul abordărilor clasice. Abordarea integrată a curriculumului reprezintă astfel o alternativă, un demers complementar care poate contribui mult mai eficient în direcția formării rezultatelor învățării solicitate de societatea contemporană. A face față solicitărilor și provocărilor lumii contemporane înseamnă a dispune de capacitatea de a face transferuri rapide și eficiente între diverse arii curriculare, a colecta, a sintetiza și a pune în aplicare cunoștințele, deprinderile, abilitățile și capacitățile dobândite prin studierea diverselor discipline.

Pentru implicarea activă a persoanei în activitatea socio-economică, finalitatea esențială a educației contemporane este *formarea caracterului unitar și dezvoltarea ansamblului de competențe*, care conține cunoștințe, abilități, atitudini și valori [ibidem].

Pe plan mondial există tendința în formarea unor specialiști calificați cu un potențial de angajare în mai multe domenii conexe. În acest context, metodologia de formare a competenței profesionale inițiale a studentului chimist, pentru a-și demonstra eficiența, trebuie să se axeze pe corelarea interdisciplinară a conținuturilor cursurilor de chimie, biologie, fizică etc.

Abordarea interdisciplinară este nivelul cel mai relevant de integrare pentru formarea competenței profesionale a specialiștilor chimiști. Prin intermediul interdisciplinarității pot fi rezolvate un șir de probleme legate de formarea, dezvoltarea și educația studenților și, de asemenea, poate fi pusă baza unei abordări integrate de rezolvare a problemelor complexe ale realității. Reieșind din aceasta, problema formării competențelor profesionale în context interdisciplinar rămâne actuală ca proces și realizare.

Descrierea situației în domeniul de cercetare și identificarea problemei de investigație: abordările teoretice privind conceptul de competență și a conceptului de competență profesională sunt reflectate în cercetările savanților R. White [2]; F. Weinert [6]; И. А. Зимняя [7]; Ph. Jonnaert ș. a. [8]; X. Roegiers [9]; Ph. Perrenoud [11]; Vl. Pâslaru [13]; S. Marcus [15]; L. Paquay [17]; Э. Ф. Зеер [19]; Л. Н. Жырбенко [20]; Vl. Guțu, E. Muraru, O. Dandara [21]; Ig. Racu [23]; I. Botgros, L. Franțuzan [24]; N. Silistraru, S. Golubițchi [26], R. Dumbrăveanu ș. a. [29]; V. Botnari [63] și în documentele de politici educaționale: Codului Educației al Republicii Moldova [1], Cadrului de Referință al Curriculumului Național [12], Cadrul Național al Calificărilor din învățământul superior [14].

Unii cercetători au abordat și descris următoarele paradigme și concepte:

- Paradigma constructivistă (J. Piaget [64]; Л. Выготский [65]; E. Joița [66]; M. Bocoș [67]);
- Paradigma holistă (C. Cucos [62]; V. Botnari [63]);
- Paradigma axiologică (M. Sheller [57]; Z. Guțu, M. Dohotaru [58]; C. Cucos [59]; V. Bâlici, I. Achiri [60]);
- Paradigma curriculumului educațional (R. Niculescu [37]; Vl. Guțu [38]; T. Gherștega [56]; Vl. Guțu [69]; S. Cristea [70]; Vl. Guțu [72]; Vl. Guțu, N. Silistraru, C. Platon [73]);
- Paradigma psihocentristă (W.A. Lay, E. Meumann, A. Binet, Claparede [70]);
- Paradigma sociocentristă (P. Natorp, E. Durkheim, E. Spranger, A. Makarenko [70]);
- Conceptul de integrare (L. Ciolan [40], A. Popovici Borzea [42]).

Instruirea integrată a fost examinată de cercetătorii L. Ciolan [40]; T. Callo [41]; A. Popovici Borzea [42]; O. Bursuc [43]; G. Cozma, A. Pui [44]; N. Bârnaz [45]; L. Ciascai [46]; T. Bejenari, S. Frumusachi, L. Calmuțchi, E. Coropceanu [81], însă nu a fost abordată corelarea conținuturilor la chimie cu biologia, fizica, informatica în context interdisciplinar.

În rezultatul studierii literaturii de specialitate, a cerințelor înaintate de angajatorii din domeniul educației cât și alte domenii cu specific chimic față de viitorii specialiști chimiști am constatat importanța implementării studierii chimiei în context interdisciplinar. În consecință, luând în considerație cele expuse anterior, putem evidenția următoarele contradicții:

1. Pe de o parte nivelul relevant de integrare pentru formarea competenței profesionale inițiale a specialiștilor chimiști, iar pe de altă parte lipsa unei abordări interdisciplinare a conținuturilor la chimie cu alte discipline conexe.
2. Necesitatea formării competenței profesionale inițiale la studenții chimiști și lipsa unei metodologii de formare a competenței interdisciplinare.
3. Abordarea integrată a curriculum-ului din perspectiva interdisciplinară prin chimie, ca disciplină universitară, ca un rezultat al formării specialiștilor de înaltă calificare, competitivi pe piața națională și internațională a muncii.
4. Corelarea conținuturilor cursurilor de chimie, biologie, fizică și lipsa unor mecanisme de realizare a interdisciplinarității în formarea profesională inițială a studentului chimist.

Prioritățile, interdisciplinarității constau în aceea că analizează integrat procesele și fenomenele. Într-o arie curriculară, interdisciplinaritatea este obligatorie, deoarece integrează atât conținuturilor și metodologiile, cât și strategiile didactice. În același timp, interdisciplinaritatea se referă la o intersectare a mai multor arii curriculare, care include nu numai la conținuturile, dar presupune și corelarea competențelor de la două sau mai multe discipline.

Interrelaționarea conținuturilor disciplinei chimia cu biologia, fizica, matematica, geografia și informatica în procesul educațional, se axează pe formarea la studenți a competențelor necesare pentru integrarea viitorilor specialiști în diferite situații profesionale și sociale. Astfel, cunoștințele dobândite vor fi mai valoroase dacă se vor integra cu anumite competențe în diferite situații contextuale. Procesul predării-învățării-evaluării chimiei este unul complex și urmărește formarea competențelor specifice la studenți într-un anumit domeniu (chimie, biologie etc.), independent de cunoștințele și realizările obținute anterior în alte domenii. În acest context, abordarea interdisciplinară a conținuturilor de studii favorizează crearea unui mediu favorabil și necesar pentru formarea și dezvoltarea inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar, devenind prioritară în procesul educațional al mileniului trei.

Contradicțiile determinate de lipsa unei abordări interdisciplinare a conținuturilor la chimie cu alte discipline conexe, necesitatea formării inițiale a competențelor profesionale la studenții chimiști și lipsa unei metodologii de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar a generat **problema cercetării**: Care sunt reperele *teoretice și metodologice ale formării și dezvoltării inițiale a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar*.

Scopul cercetării constă în determinarea reperelor teoretice și metodologice de formare/dezvoltare inițială a competențelor profesionale și elaborarea *Modelului pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar*.

Obiectivele lucrării: 1) Identificarea condițiilor și factorilor de integrare a conținuturilor științifice la specialitățile Chimie, Chimie și biologie, Biologie și chimie în scopul eficientizării procesului de formare inițială a competențelor profesionale în context interdisciplinar; 2) Elaborarea *Modelului pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar*; 3) Proiectarea conținuturilor integrate interdisciplinare și elaborarea metodologiei de implementare a curriculum-ului opțional interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate*; 4) Validarea prin experiment pedagogic a modelului și metodologiei elaborate în cursul interdisciplinar la liberă alegere *Chimia pentru viață – cercetări integrate*.

Ipoteza cercetării: dacă procesul de pregătire a viitorilor specialiști în domeniul chimiei se va axa pe corelarea interdisciplinară a conținuturilor, atunci formarea competențelor profesionale inițiale la chimie va fi mai eficientă. Formarea/dezvoltarea competențelor profesionale inițiale la chimie în context interdisciplinar, va fi realizată eficient dacă:

- Se va argumenta în aspect epistemologic și pedagogic conceptele de *competență, competență profesională, integrare interdisciplinară*;
- Se va elabora *Modelul pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale la studenții chimiști în context interdisciplinar*;
- Se va proiecta un curriculum interdisciplinar axat pe dezvoltarea competențelor profesionale necesare formării inițiale a studenților chimiști.

Sinteza metodologiei de cercetare și justificarea metodelor de cercetare alese:

- *metode teoretice:* analiza și sinteza teoretică; descrierea; compararea; sistematizarea; generalizarea; modelarea teoretică;
- *metode praxiologice:* studiul de caz; chestionarea; testarea; evaluarea criterială în situații complexe;
- *experimentul pedagogic* (de constatare; de formare; de control);
- *experimentul chimic:* identificarea sărurilor metalelor generatoare de complecși și a liganzilor de natură organică pentru asamblarea noilor compuși; sinteza compușilor coordinativi;
- *experimentul fizico-chimic:* determinarea compoziției și structurii compușilor (analiza elementelor; spectroscopia în IR, UV-Vis; rezonanța magnetică nucleară (RMN); analiza cu raze X pe monocristal); utilizarea senzorilor (laboratorul digital, care include setul de senzori și soft-ul specializat NeuLog);

- *experimentul biologic*: testarea proprietăților biologice a unor tulpini de funghi la introducerea compușilor coordinați în mediul nutritiv (cultivarea adâncă în mediu nutritiv cu compoziție anterior aleasă; determinarea fotocolorimetrică a activității amilolitice);
- *experimentul cuantă-chimic*: metoda SCF în aproximația ROHF, utilizând pentru funcțiile atomice baza 6-31n (ROHF/6-31G(d)); Teoria Funcționalei de Densitate (DFT/TFD) cu funcționala hibridă de schimb-corelație B3LYP (Becke cu corelația funcțională a trei parametri Lee, Yang și Parr);
- *metode statistice*: colectarea de date; compararea mediilor a două eșantioane;
- *metode de analiză*: interpretarea calitativă și cantitativă a rezultatelor experimentului prin metode matematico-statistice.

Noutatea și originalitatea științifică a cercetării constă în elaborarea unui model de formare inițială a competențelor profesionale la chimie în context interdisciplinar, care se deosebește de modelele existente prin implementarea legăturilor interdisciplinare dintre chimie, fizică informatică și biologie, necesare la formarea inițială a competențelor profesionale la chimie prin proiectarea conținuturilor integrate și a curriculumului interdisciplinar pentru studenții chimiști: *Chimia pentru viață – cercetări integrate*.

Problema științifică rezolvată constă în fundamentarea teoretică și metodologică prin funcționalitatea *Modelului pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale ale studenților chimiști în context interdisciplinar* prin intermediul curriculumului interdisciplinar: *Chimia pentru viață – cercetări integrate*, axat pe procesul de formare inițială a competențelor profesionale ale viitoarelor cadre didactice și specialiști din domeniul chimiei.

Semnificația teoretică este susținută de analiza, precizarea și stabilirea reperelor teoretice produse de legăturile interdisciplinare asupra procesului de formare inițială a competențelor profesionale a viitorilor specialiști în domeniul chimiei prin funcționalitatea Modelului, fiind soluționată problema formării inițiale a competențelor profesionale la chimie în context interdisciplinar în cadrul cursului *Chimia pentru viață – cercetări integrate*.

Valoarea aplicativă a cercetării: constă în determinarea și fundamentarea reperelor teoretico-metodologice de formare și dezvoltare a competențelor profesionale prin funcționalitatea *Modelului pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar* și implementarea Programului formativ în cadrul curriculum-ului *Chimia pentru viață – cercetări integrate*, care contribuie la formarea inițială a competențelor profesionale la chimie în context interdisciplinar.

Rezultatele științifice principale înaintate spre susținere:

- Argumentarea dimensiunii metodologice a competențelor profesionale inițiale, cât și abordarea interdisciplinară a lor va contribui la formarea profesională a studentului chimist, cât și la o inserție socială și profesională reușită.
- Determinarea celor cinci competențe necesare formării profesionale: *Competența de investigare, Competența de comunicare profesională, Competența ecologică, Competența digitală, Competența de formare profesională continuă* demonstrează necesitatea proiectării conținuturilor curriculare din perspectivă interdisciplinară.
- Elaborarea și implementarea *Modelului pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar* demonstrează progres în formarea/dezvoltarea studentului în plan profesional prin prisma abordărilor constructiviste.
- Elaborarea Curriculumului interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate* constituie o modalitate eficientă de formare inițială a competențelor profesionale la studenții chimiști.
- Validarea experimentală a eficienței Modelului și metodologiei elaborate.

Implementarea rezultatelor științifice a fost realizată prin introducerea metodologiei elaborate în predarea cursului interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate* în cadrul experimentului pedagogic desfășurat pe un eșantion intrasubiecți, unde au fost implicați studenți de la ciclul licență (programele de formare inițială): Chimie, Chimie și biologie, Biologie și chimie a Universității de Stat din Tiraspol.

Aprobarea rezultatelor cercetării. Studiul s-a realizat în concordanță cu fazele fundamentale ale cercetării în cadrul Școlii doctorale. Rezultatele principale ale cercetării au fost prezentate, discutate și aprobate (sub formă de 3 referate științifice) la ședințele catedrei Chimie a UST în comun cu Departamentul Didactica științelor, în cadrul cursurilor de formare continuă a profesorilor școlari de chimie; la conferințe științifice naționale și internaționale: The 6th International Conference Ecological & Environmental chemistry. March 2-3, 2017, Chișinău Academy of Sciences of Moldova, 1 Stefan cel Mare Blvd.; Conferința Științifico-practică națională cu participare internațională „Reconceptualizarea formării inițiale și continue a cadrelor didactice din perspectiva interconexiunii învățământului modern general și universitar”. Chișinău, UST, Republica Moldova, 27-28 octombrie 2017; Conferința republicană a cadrelor didactice, Chișinău, UST, Republica Moldova, 10-11 martie 2018; Conferința științifico-didactică națională cu participare internațională, ediția a II-a, consacrată aniversării a 80-a a profesorului universitar Ilie Lupu ”Probleme actuale ale didacticii științelor reale”, 11-12 mai 2018; Conferința științifică internațională "Curriculumul școlar: provocări și oportunități de dezvoltare" Chișinău, Moldova, IȘE, 7-8 decembrie 2018; The 26th Conference on Applied and Industrial Mathematics, Chișinău,

Moldova, September 20-23, 2018; Conferința științifică națională cu participare internațională. Învățământ superior: tradiții, valori, perspective, 28-29 septembrie 2018, Chișinău, UST, Conferința republicană a cadrelor didactice, 28-29 februarie 2020, Chișinău, UST.

Publicații la tema tezei de doctor. Principalele rezultate ale cercetării au fost reflectate în 19 lucrări științifice, dintre care 5 articole în reviste din registrul național al revistelor de profil, categoria B și C; 5 articole în reviste din străinătate (2 cu impact-factor); 2 articole la conferințe științifice naționale; 3 articole la conferințe științifice naționale cu participare internațională; 3 articole la conferințe științifice internaționale; Ghid pentru utilizarea senzorilor în procesul de instruire la chimie, Curriculum opțional interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate*.

Volumul și structura tezei: adnotare (română, rusă și engleză), lista abrevierilor, introducere, trei capitole, concluzii generale, bibliografie din 163 titluri, 158 de pagini text de bază, 48 figuri, 37 de tabele, 14 anexe.

Sumarul compartimentelor tezei

În **Introducere** este argumentată actualitatea temei de cercetare și importanța ei, se descrie situația în domeniul de cercetare. Este formulată problema de cercetare, scopul și obiectivele cercetării, metodologia cercetării științifice, formularea rezultatelor științifice principale, noutatea și originalitatea științifică, problema științifică importantă soluționată, importanța teoretică și valoarea aplicativă, implementarea rezultatelor și aprobarea rezultatelor obținute.

Capitolul 1 **Repere psihopedagogice în formarea inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist** prezintă studiul teoretic privind analiza conceptului de competență, competență profesională, tipologia competențelor specifice, specificul formării competenței profesionale inițiale. Analiza conceptului de integrare: mono-, pluri-, inter-, transdisciplinară și determinarea condițiilor de integrare a conținuturilor științifice specifice specialităților Chimie, Chimie și biologie, Biologie și chimie. La final sunt formulate concluziile pentru acest capitol.

Capitolul 2 **Cadrul metodologic de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist** este dedicat elaborării *Modelului pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar* prin dimensiunile: *organizațional-reglatorie și instrumental-metodologică*. Sunt prezentate componentele structurale ale curriculumului interdisciplinar la libera alegere *Chimia pentru viață – cercetări integrate* și analizate demersurile de proiectare a conținuturilor științifice interdisciplinare. De asemenea sunt descrise reperele teoretice și metodologice *de formare inițială a competenței profesionale a studentului chimist în context interdisciplinar*.

Capitolul 3 **Argumentarea experimentală a eficienței modelului și metodologiei de formare și dezvoltare a competențelor profesionale ale studentului chimist în context**

interdisciplinar este descrisă proiectarea și desfășurarea experimentului pedagogic: etapa preexperiment, experimentul de constatare și cel de formare și este efectuată analiza statistică calitativă și cantitativă a rezultatelor obținute prin utilizarea metodelor matematice de determinare cantitativă (conținutul procentual), indicatorii de evaluare a nivelurilor de formare a competențelor profesionale și a competențelor specifice. Rezultatele evaluării inițiale și finale au fost prelucrate în baza metodelor matematico-statistice. Concluziile din acest capitol scot în evidență principalele rezultate ale cercetării.

Cuvinte-cheie: competență, competență profesională, integrare, interdisciplinaritate, curriculum interdisciplinar, Model pedagogic de formare inițială, metodologie de formare inițială a competenței.

1. Repere psihopedagogice în formarea inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist

1.1. Delimitări conceptuale a noțiunii de competență profesională

Evoluția socio-economică impune adaptarea sistemului educațional la realitățile și necesitățile pieței muncii în scopul formării unei persoane competente, capabile de a confrunta diverse provocări și a se adapta la schimbările continue condiționate de dezvoltarea rapidă a tehnologiilor. În Republica Moldova conceptul de *competență* se folosește din 1996, după implementarea Reformei Învățământului preuniversitar, care viza modernizarea prin elaborarea de noi standarde educaționale și curricula axate pe competențe [1].

Pentru prima dată, termenul *competență* este utilizat în 1959 de către R. W. White [2] drept un concept de motivare a performanței angajaților. În 1970, Craig C. Lundberg definește conceptul în *Planificarea programului de dezvoltare executiv*. În lucrarea *Testarea competențelor mai degrabă decât inteligența* David McClelland tratează termenul mai desfășurat (1973). În continuare, termenul este folosit mai larg și popularizat de Richard Boyatzis și mulți alții, cum ar fi T. F. Gilbert (1978), care a folosit conceptul în legătură cu creșterea performanței [3].

Astfel, o competență este un set de comportamente definite, ce permite identificarea, evaluarea și dezvoltarea comportamentelor individuale ale angajaților.

În domeniul muncii noțiunea de competență s-a impus în opoziție cu noțiunea de calificare timp îndelungat, ocuparea unui loc de muncă într-o întreprindere era strâns legată de existența unei calificări, adică de un ansamblu de cunoștințe și de tehnici ce făceau obiectul unei pregătiri recunoscute și oficial atestate prin obținerea unei diplome. La moment orice organizație de succes dispune de un inventar al competențelor necesare pentru fiecare post, modalitățile de evaluare și de dezvoltare a acestora [4].

Cerințele societății contemporane sunt în creștere și înaintază provocări noi față de specialiști. Ele se referă în primul rând la formarea și dezvoltarea competențelor-cheie pe care studenții trebuie să le dețină ca finalități ale studiilor universitare.

În literatura de specialitate există diferite puncte de vedere referitor la definirea noțiunii *competență* și numărul de definiții ale acestei noțiuni este foarte mare. Conceptul *competență* a fost introdus în învățământ, fiind preluat din alte domenii (psihologie, lingvistică, psihologia muncii etc.), fiind o noțiune polisemantică, schimbându-și semnificația în funcție de domeniul în care se aplică. *Competența* în Dicționarul universal ilustrat al limbii române [5], este definită astfel: *Capacitate de a se pronunța asupra unui lucru, pe baza cunoașterii depline a problemei*.

În viziunea lui F. E. Weinert, *competența* - poate fi în general înțeleasă ca experiență în cunoașterea timpului. Cunoașterea este fundamentul necesar al competenței, iar experiența este calea continuă în schimbarea cunoștințelor dobândite. Astfel, *competența* este întotdeauna mai mult decât doar cunoaștere sau experiență [6].

Cercetătorul И. А. Зимняя [7] analizează competențele ca niște cunoștințe, reprezentări, acțiuni, sisteme și relații, care ulterior sunt dezvoltate în competențele personalității.

În sursa [8, p. 77], *competența este rezultatul prelucrării complete a unei situații de către o persoană sau un grup de persoane, într-un anumit context.*

În aspect pedagogic, *competența* este un potențial demonstrat de student în situații concrete.

X. Roegiers abordează pragmatic competența, pe care o prezintă ca pe un ansamblu integrat de cunoștințe, capacități, atitudini exersate în mod spontan [9].

Conform abordărilor savanților din Italia, în cadrul Oficiului Școlar Regional Campania [10] competența este o cunoaștere care se manifestă într-un context. Este o cunoaștere care se regăsește printre *a ști să faci, a ști să fii, a ști să devii* etc. Este o cunoaștere activ-reflexivă. O cunoaștere manifestată într-un anumit context. Contextul competenței este conținutul cunoașterii.

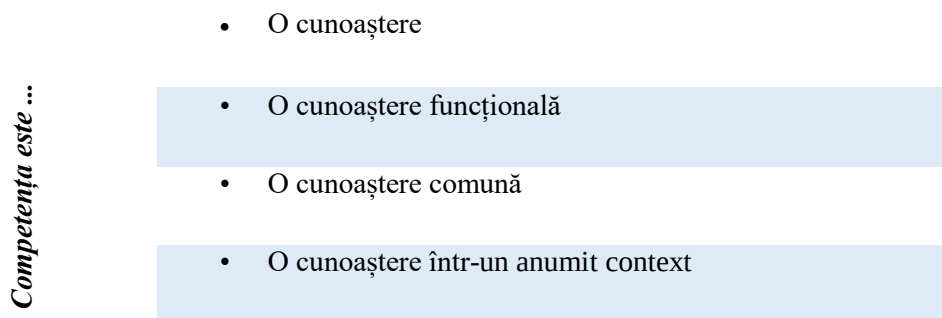


Fig. 1.1. Structura competenței, conform Oficiului Școlar Regional Campania (Italia) [10]

În viziunea cercetătorului Ph. Perrenoud [11], competența nu constă în resurse, ci în însăși mobilizarea unui ansamblu complex de resurse: *a unui savoir-dire, savoir-faire, și savoir-etre.*

Codul Educației al Republicii Moldova [1] indică, că: *finalitatea principală a educației este formarea caracterului integru și dezvoltarea unui sistem de competențe, ce include cunoștințe, abilități, atitudini, valori și permite participarea activă a individului la viața socială și economică.* Deci, competența reprezintă nu numai cunoștințe și abilități, dar implică și capacitatea de a satisface și unele cereri mai complexe, prin corelarea aptitudinilor și atitudinilor personale într-un anumit context, adică a fi competent – înseamnă a aplica sistemul de cunoștințe, abilități și valori dobândite pentru atingerea unui rezultat prestabilit.

În calitate de document de politici educaționale, Cadrul de Referință al Curriculumului Național [12] prezintă conceptul de competență ca *un sistem complex și integrat de cunoștințe, abilități, atitudini și valori, formate și dezvoltate în procesul educațional, a căror implicare permite identificarea și rezolvarea diferitor probleme în diferite situații contextuale.*

Astfel, *competența* conform diverselor abordări și interpretări reprezintă o finalitate educațională complexă determinată de sistemul de cunoștințe, capacități, atitudini și valori.

Conform definițiilor abordate competenței în aspect educațional putem determina rudimente specifice domeniului profesional. Așadar, *cunoștințele-capacitățile-atitudinile* sunt componentele fundamentale ale competenței, reprezentate schematic în figura ce urmează:

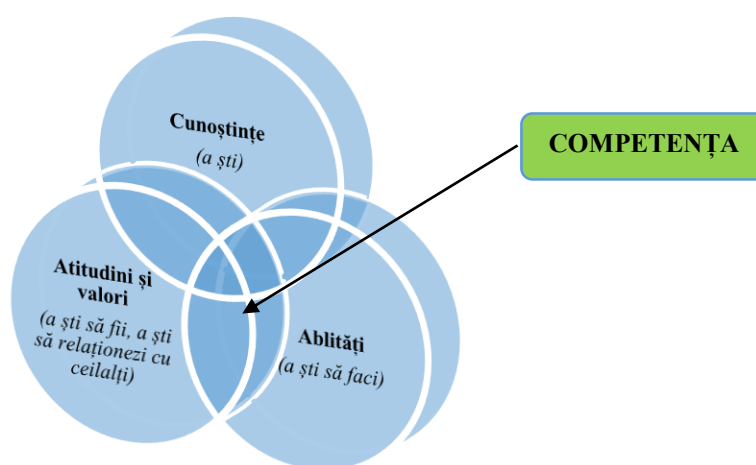


Fig. 1.2. Componentele fundamentale ale competenței

Cercetătorii francezi pun la baza competenței acțiunea *savoir en acte*, unde această idee o întâlnim și la cercetătorii autohtoni: *competența reprezintă un potențial al acțiunilor, eficientă într-un ansamblu de situații* [13]. Acțiunea care stă la baza competenței este funcțională și se realizează în cadrul unei sarcini. Sarcinile sunt acțiuni ce mobilizează subiectul pentru dobândirea a noi experiențe de învățare. Cadrul Național al Calificărilor din învățământul superior [14] definește competența profesională ca *capacitate dovedită de a selecta, combina și utiliza adecvat cunoștințe, abilități, valori și atitudini, în vederea rezolvării cu succes a unei anumite categorii de situații de muncă sau de învățare, circumscrise profesiei respective, în condiții de eficacitate și eficiență.*

La rândul său, *competența profesională* este rezultatul experienței profesionale, fiind observabilă în timpul activității profesionale. D. Salade consideră, că competența profesională reprezintă concordanța optimă dintre capacitățile individului, condițiile de lucru și rezultatul activității sale. Pentru S. Marcus, exersarea eficientă a activității este baza comportamentului, fiind condiționată de un complex de calități specifice întregii structuri interiorizate a individului [15].

După F. Reynal și A. Reunier, competența profesională este condiționată de o meserie, profesie, un statut social, de o situație profesională sau socială de referință. Așadar, *competența profesională*, este definită de unii autori ca, fiind *capacitatea de a se pronunța asupra unei probleme profesionale pe temeiul cunoașterii aprofundate a legităților și determinărilor fenomenelor de specialitate, iar în sens restrâns se referă la capacitatea unei persoane de a realiza la un nivel de performanță totalitatea sarcinilor tipice de muncă, specifice profesiei* [16]. L. Paquay (1994) [17] definește termenul de competență profesională prin totalitatea achizițiilor psihocomportamentale, acestea fiind de 4 tipuri: 1) *să știi* (*savoir*), 2) *să știi să faci* (*savoir-faire*), 3) *să știi să fii* (*savoir-être*), 4) *să știi să devii* (*savoir-devenir*).

Conform pct. 10 a HGM 193/2017 [18] referitor la formarea profesională a adulților, *competența profesională* constă în capacitatea de a aplica, a transfera și a combina cunoștințe și deprinderi în situații și medii de muncă diverse pentru realizarea activităților necesare la locul de muncă la nivelul calitativ specificat în standardul ocupațional. Astfel, competențele profesionale se formează și se dezvoltă prin inițiere, calificare, perfecționare, specializare, recalificare.

Cadrul European al calificărilor descrie competența din perspectiva responsabilității și a autonomiei. Prin urmare, alături de calificare care atestă o formare standardizată, au început să fie puse în valoare calitățile unice pe care trebuie să le posede un individ și care îi permite să se adapteze situațiilor noi de muncă [4]. Э. Ф. Зеep [19] definește *competența profesională* drept totalitatea cunoștințelor și aptitudinilor profesionale, precum și modalități de realizare a lucrărilor practice. Л. Н. Жырбенко [20] prezintă conceptul de *competență profesională* ca un set integrat de cunoștințe fundamentale și profesional-relevante specialității care asigură utilizarea lor eficientă la locul de muncă.

Astfel, competența profesională este caracterizată drept un sistem integru, care se manifestă și se formează în activitatea profesională, bazată pe cunoștințe, deprinderi, calități personale și valori, ce-i permite stabilirea legăturilor dintre cunoștințe și situația concretă, determinarea sistemului de acțiuni specifice pentru soluționarea eficientă a problemei [21].

În viziunea cercetătorilor Vl. Guțu, O. Dandara, E. Muraru, *competența profesională* reprezintă capacitatea/abilitatea realizării diverselor sarcini determinate de activitatea profesională, capacitatea de a rezolva anumite situații-problemă prin transferarea și integrarea cunoștințelor, abilităților și atitudinilor [22]. Psihologul Ig. Racu afirmă, că *competența profesională* evidențiază capacitatea persoanei de a integra cunoștințele teoretice cu deprinderile practice și cu capacitatea proprie de gândire, analiză și sinteză, pentru efectuarea anumitor activități și obținerea rezultatelor la un nivel calitativ [23].

Cercetătorii I. Botgros, L. Franțuzan definesc *competența profesională* ca un ansamblu integrat de resurse interne mobilizate în vederea rezolvării diverselor obiective ale activității profesionale [24]. I. Jinga și E. Istrate consideră *competența profesională* ca un ansamblu de *capacități cognitive, afective, motivaționale și manageriale, care interacționează cu trăsăturile de personalitate ale cadrului didactic, conferindu-i acestuia calitățile necesare efectuării unei prestații didactice care să asigure îndeplinirea obiectivelor proiectate de către marea majoritate a elevilor, iar performanțele obținute să se situeze aproape de nivelul maxim al potențialului intelectual al fiecăruia* [25]. În Standardele de formare continuă a cadrelor didactice din învățământul secundar general se stipulează că sistemul de *competențe profesionale* reprezintă un sistem integrat de cunoștințe și capacități (de bază, domenii de competență, competențe specifice) axat pe formarea profesională a cadrelor didactice [16].

Competența profesională are atribuții în domeniile educației, din punct de vedere pedagogic, fiindu-i caracteristice dimensiunile care o completează, fiind constituită dintr-un ansamblu de capacități, abilități și atitudini, care interacționând cu personalitatea pedagogului, îi va atribui calitățile profesionale, asigurând îndeplinirea obiectivelor procesului educațional, iar performanțele obținute să corespundă nivelului intelectual al elevilor [26].

În sinteză, *conceptul de competență profesională reprezintă un sistem de cunoștințe, capacități, deprinderi (experiențe), atitudini și valori personale manifestate în activitatea profesională pentru realizarea anumitor situații contextuale*. Calitățile personale reprezintă particularitățile individuale specifice fiecărui student chimist. Schematic componentele competenței profesionale sunt prezentate în Figura 1.3.

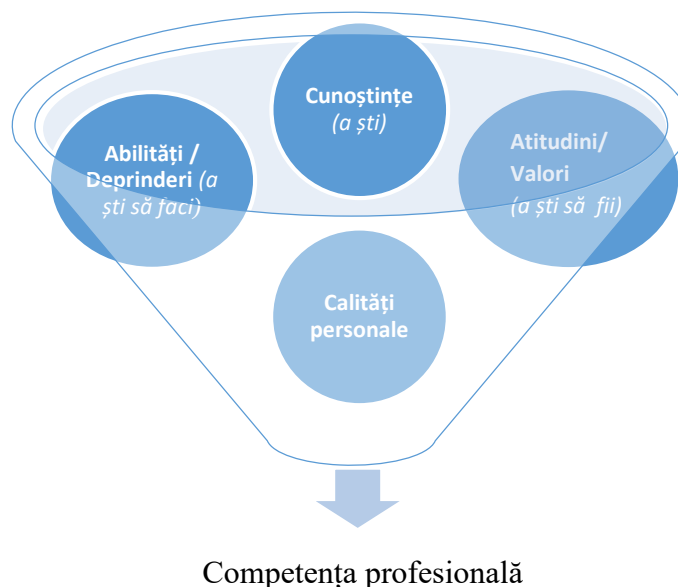


Fig. 1.3. Componentele competenței profesionale a studentului chimist

Pentru învățământul superior, Vl. Guțu [21] propune următoarea clasificare a competențelor:

1. *după gradul de generalizare*: a) generice;
b) specifice.
2. *după gradul de specificare și ierarhizare*:
 - a) generice:
 - competențe-cheie/transversale/transdisciplinare – transferabile între domeniile de studii;
 - profesionale pentru un domeniu larg de activitate, grup de profesii, specializări – transferabile în cadrul profilului respectiv: cognitive și funcțional-acționale;
 - b) specifice:
 - profesionale – specifice specializării/dublei specializări: cognitive și funcțional-acționale;
 - discipline de studii: generale pentru disciplina dată; specifice pe unitate de învățare.

În Republica Moldova este acceptată descrierea *competenței profesionale* cu următoarele caracteristici:

- *competențe generale* (de bază: competența gnoseologică, pronostică, praxiologică, managerială, de evaluare, comunicativă și de integrare socială, de autoinstruire);
- *competențe profesionale* (care presupun posedarea de cunoștințe, capacități, atitudini, necesare pentru realizarea anumitei activități profesionale);
- *competențe curriculare* (finalități exprimate în termeni de cunoștințe (cunoaștere), de abilități (aplicare), de competențe (integrare)) [14].

Se atestă o structurare a *competenței profesionale* după criteriul de generalitate și domeniu. Sintezele și cercetările efectuate de E. Joiță identifică următoarele competențe:

- ✓ *competențe generale*: teoretice, metodologice, precis-acționale, constructiv-creatoare;
- ✓ *competențe specifice*: competențe în domeniul specialității, competențe pedagogice, competențe profesionale, manageriale;
- ✓ *metacompetențe și capacități de bază*: capacități operaționale, capacități eticorelaționale, capacități sociale și de intervenție economică, capacități de inovare și de dezvoltare [27].

Mai mulți savanți din Republica Moldova, precum A. Cara, Vl. Guțu, A. Gremalshi, R. Solovei, S. Baci, E. Muraru, O. Dandara etc., sunt preocupați de abordarea problemei standardelor de formare profesională. Astfel, în lucrarea *Proiectarea standardelor de formare inițială din învățământul universitar*, autorii Vl. Guțu, E. Muraru și O. Dandara [22] evidențiază un ansamblu din 6 competențe pe care trebuie să le posede absolventul universitar (2003):

1. Competența de cercetare/investigare.

2. Competența gnoseologică (de dobândire și stăpânire a informației/cunoștințelor dintr-un domeniu concret).
3. Competența praxiologică, care presupune îndeplinirea unor activități practice.
4. Competența prognostică, care implică aprecierea evoluției domeniului de activitate și proiectarea activității profesionale.
5. Competența managerială, care constă în constituirea unor relații, monitorizarea și dirijarea activităților profesionale.
6. Competența de formare profesională continuă.

Sistemul de competențe ale cadrului didactic a fost concretizat prin Standardele de formare continuă a cadrelor didactice din învățământul secundar general (2007). În dependență de rolurile Cadrului și ținând cont de cele trei funcții de bază ale învățământului superior: *de cercetare, instruire și de educație*, a fost determinat ansamblul de competențe pe care trebuie să le posedă fiecare absolvent al instituției de învățământ superior: *competența gnoseologică, competența praxiologică, competența de cercetare științifică, competența prognostică, competența managerială, competența comunicativă, competența de formare profesională continuă* [15].

1. *Competența gnoseologică* constă în cunoașterea aspectelor teoretice ale științelor educației; identificarea informației adecvate învățământului; însușirea și acumularea noilor cunoștințe teoretice și a abilităților practice odată cu evoluția științelor în domeniul învățământului; cunoașterea metodologiilor de cercetare a personalității elevului/grupului educațional; cunoașterea legislației generale; cunoașterea deontologiei profesionale.
2. *Competența praxiologică* vizează aplicarea eficientă a teoriei educaționale în practică; selectarea cunoștințelor teoretice specifice activității practice; analiza și sinteza informației din diverse surse pentru realizarea cu succes a procesului instructiv-educativ; eficientizarea activității profesionale în domeniul învățământului, prin folosirea metodelor activ-participative și creative de predare-învățare-evaluare.
3. *Competența prognostică* se referă la determinarea direcțiilor și tendințelor de dezvoltare a învățământului; stabilirea locului și rolului învățământului în contextul evoluției social-economice și culturale; proiectarea diferitor forme de activitate didactică și educațională; identificarea prospectivă a problemelor și a soluțiilor ce țin de învățământ.
4. *Competența managerială* prevede: monitorizarea și automonitorizarea activității profesionale; cultura educațional-organizațională; coordonarea eforturilor tuturor factorilor educaționali; stabilirea corelației dintre condițiile obiective și implicarea factorului uman în realizarea activității pedagogice; identificarea factorului uman în procesul educațional; rezolvarea problemelor educaționale prin colaborare; elaborarea strategiei de activitate pedagogică.

5. *Competența comunicativă*: utilizarea diferitor forme de comunicare în organizarea și desfășurarea activităților instructiv-educative; folosirea tehnologiilor moderne și a computerului în realizarea procesului educațional; adaptarea comunicării la diverse situații ale procesului educațional; manifestarea toleranței, tactului pedagogic și a deontologiei profesionale în procesul comunicării cu elevii, părinții, colegii de breaslă; demonstrarea abilității de comunicare a cunoștințelor teoretice în procesul instructiv-educativ; adaptarea mesajelor la diverse medii socioculturale, în corespundere cu necesitățile de formare a personalității elevilor; manifestarea priceperilor de a lua decizii în diverse situații pedagogice.
6. *Competența de investigare/cercetare științifică*: cunoașterea metodologiei cercetării științifice; identificarea problemelor de cercetare științifică în domeniu; valorificarea priorităților cercetării științifice în domeniu; realizarea proiectelor de cercetare științifică; adaptarea și aplicarea realizărilor științifice la conceperea, organizarea și desfășurarea procesului instructiv-educativ; aplicarea rezultatelor investigațiilor științifice în practica educațională.
7. *Competența de formare continuă*: conștientizarea necesității de formare profesională continuă, în dependență de evoluția teoriei și practicii; determinarea priorităților perfecționării profesional-științifice, pedagogice și metodice continue; cunoașterea și utilizarea modalităților de formare continuă în domeniu; manifestarea deschiderii față de schimbările din domeniu.

Corelația dintre competențele și standardele profesionale se explică prin faptul că *Standardele sunt propuse cadrului didactic în calitate de flux de intrare, iar competențele sunt produsul obținut în urma procesului de învățământ* [ibidem].

Elementul-cheie al standardizării îl constituie competența profesională, apreciată drept indiciu al calității comportamentului profesional. În viziunea pedagogului N. Globu, sistemul de competențe profesionale ale studentului, care va constitui finalitățile formării profesionale inițiale, include, după cum urmează: *competență gnoseologică (specialitate, culturală, psihopedagogică), praxiologică, comunicațională, managerială, investigațională, metacognitivă* [28].

Strategia de la Lisabona *Educație și formare 2010*, accentuează importanța competențelor transversale: competențe digitale, competențele de a învăța să înveți, competențele civice necesare într-o lume în schimbare [29].

În această ordine de idei, menționăm că cerințele pentru competența profesională evoluează rapid și impune noi abordări, astfel dezvoltarea competențelor profesionale trebuie acceptată ca o acțiune efectuată pe parcursul carierei și nici un program de formare inițială, oricât de excelent ar fi, nu poate dota specialiștii cu toate competențele pe care le va solicita cariera lor.

Astfel în literatura de specialitate definițiile conceptului de *competență* diferă și nu au o abordare unanimă.

Competența reprezintă nu numai cunoștințe și abilități, dar implică și capacitatea de a satisface și unele cereri mai complexe, prin corelarea aptitudinilor și atitudinilor personale într-un anumit context, adică a fi competent – înseamnă a aplica sistemul de cunoștințe, abilități și valori dobândite pentru atingerea unui rezultat prestabilit.

1.2. Particularitățile formării competențelor profesionale ale studentului chimist

Învățământul superior în Republica Moldova are misiunea de a răspunde necesităților specifice ale educației și anume formarea inițială profesională a studentului. Calitatea învățământului superior este determinată de calitatea formării tinerilor specialiști, care vor deține un sistem complex de competențe necesar provocărilor sociale. Pregătirea inițială a studenților ocupă un loc central în aria preocupărilor educaționale, fiindcă aici se regăsește calitatea, profesionalismul, viziunea politicii educaționale și implicit finalitățile educaționale. Astfel, formarea inițială a studenților implică anumite componente cu statut de factori fundamentali în procesul educațional.

Conceptul *formare* este definit ca o acțiune socială vitală și esențială, care integrează, printre altele, educația, instruirea și învățământul. Evoluția formării inițiale a studenților înregistrează trei momente semnificative din perspectiva teoriei și a managementului educațional:

- *formarea* din perspectiva filosofiei aristotelice;
- *formarea* în sensul pedagogiei clasice, care se prelungește și la nivelul educației adulților;
- *formarea* înțeleasă în sensul pedagogiei moderne și postmoderne, care evidențiază importanța integrării pregătirii socioprofesionale la nivelul unor modele strategice specifice educației permanente.

În continuare, vom examina diferite abordări ale noțiunii de *formare*.

Conform dicționarului explicativ român on-line [30], formare – acțiunea de a (se) forma și rezultatul ei; pregătire, instruire, educare; creare. И. П. Подласый [31], explică noțiunea de formare ca un proces de a deveni om ca ființă socială sub influența tuturor factorilor: mediu, social, economic, ideologic, psihologic etc. În dicționarul de termeni pedagogici (rus) [32], formarea – proces de formare a personalității umane în rezultatul influenței obiective a eredității, mediului, educației orientate și a activității proprii a individului. T. V. Ivanova [33] consideră acest concept ca *dezvoltarea sferei cognitive, apariția unor forme rezistente de comportament și activitate, asimilarea normelor morale*.

Formarea inițială a studentului chimist își propune următoarele obiective:

- să efectueze o analiză științifică a problemelor chimice și social-economice semnificative;

- să rezolve probleme la diferite compartimente ale chimiei, să fie în stare a pune experiențe chimice, a analiza mersul lor și a formula just concluziile corespunzătoare;
- să recunoască clasele de compuși chimici după proprietățile lor;
- să sintetizeze și să aplice în practică compuși chimici;
- să aplice metode eficiente de sinteză și prelucrare a compușilor chimici necesari;
- să aplice cunoștințele și competențele avansate în chimie de care dispune în viața de toate zilele (la uzină, în învățământ, în laborator etc.);
- să tindă spre autoperfecționarea continuă în activitatea cotidiană;
- să contribuie la ridicarea nivelului culturii chimice și ecologice în localitatea dată, la o atitudine grijulie a societății către mediul ambiant;
- să estimeze rezultatelor activității în sfera învățământului la chimie și soluționarea căilor de modernizare a acestor activități.

Deci, conceptul de *competență profesională* exprimă nivelul înalt de calificare și profesionalism.

Competența se manifestă în anumite situații sub formă de acțiuni pentru atingerea unui scop sau pentru a rezolva anumite probleme specifice. În contextul realizării unui învățământ de calitate devine prioritar personalitatea studentului, care trebuie să corespundă schimbărilor din domeniul educației, demonstrând competențe profesionale. Reieșind din definițiile competenței profesionale propuse, putem delimita următoarele părți componente: cunoștințe – abilități/deprinderi – atitudini/valori – calități personale.

- **Cunoștințele** – reprezintă rezultatul asimilării informației, principiilor, teoriei și practicii legate de un anumit domeniu de studiu, prin învățare. Cunoștințele științifice reprezintă niște modalități de reprezentare a informației acumulate sub formă de imagini, noțiuni, principii, scheme etc.
- **Abilitățile** – capacitatea de a aplica și de a utiliza cunoștințele acumulate pentru îndeplinirea sarcinilor și rezolvarea problemelor.
- **Deprinderile** – obiceiuri, obișnuințe, componente automatizate a activităților de învățare, care se desfășoară fără control conștient permanent.
- **Atitudinile** – modul în care se raportează studentul la valorile mediului înconjurător și înglobează cunoștințele și abilitățile sale.
- **Valorile** – credințe și convingeri despre care persoana crede că sunt adevărate. Ele determină comportamentul axându-se pe motivație.
- **Calitățile personale** – reprezintă comportamentele constructive, a unor conduite și atitudini pozitive în plan profesional.

În rezultat, produsul final achiziționat de student este exprimat sub formă de competență profesională prin integrarea *cunoștințelor* (domeniul cognitiv), *capacităților* (domeniul psihomotor), *atitudinilor și valorilor* (domeniul afectiv-atitudinal).

Competența profesională a studentului chimist, reprezintă o caracteristică integră, care va determina dezvoltarea capacităților specialistului în chimie de a putea rezolva sarcini și probleme profesionale specifice, care vor apărea în situații reale de activitate profesională, utilizând cunoștințele, abilitățile, experiența de viață și calitățile personale.

Competența se bazează pe cele trei domenii caracteristice personalității umane: cognitiv, psihomotor, afectiv. Etapele de formare a competenței profesionale reprezintă pași în dezvoltarea personalității umane: *a ști*, *a ști să faci*, *a ști să fii*, *a ști să devii*.



Fig. 1.4. Etape de formare a competenței profesionale

Conform standardelor de competență, considerăm că în cadrul competenței profesionale putem evidenția următoarele etape de formare a competenței profesionale: componenta motivațională; componenta cognitivă; componenta acțională; componenta reflexivă.

Reieșind din cele expuse anterior, am constatat că fiecare componentă a competenței profesionale a viitorilor specialiști chimiști îndeplinește următoarele funcții: motivațională – de stimulare, motivare; cea cognitivă – de informare și orientare; cea acțională – de translare și reglare și cea reflexivă – de autoanaliză. Aceste componente urmează a fi dezvoltate în procesul de formare a competenței profesionale a specialiștilor chimiști (Figura 1.5).

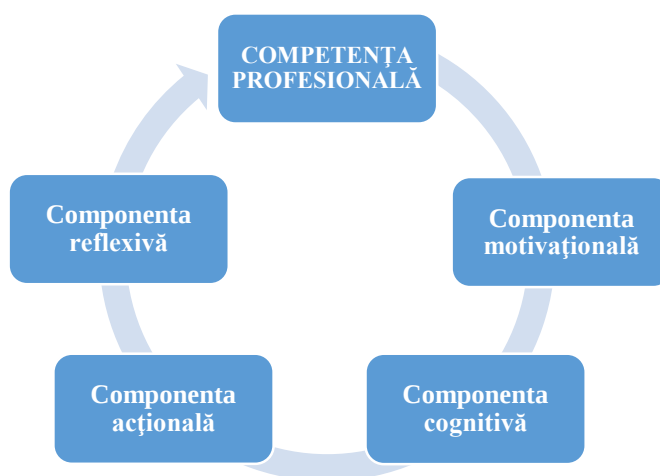


Fig. 1.5. Etapele de formare a competenței profesionale conform standardelor de competență

În Cadrul Național al Calificărilor din învățământul superior [14], domeniul de formare profesională 050 Chimie sunt redate următoarele competențe generale și specifice (Tabelul 1.1):

Tabelul 1.1. Competențe generale și specifice (domeniul de formare profesională 050 Chimie)

Competențe generale	Competențe specifice
- analiza, sinteza și comunicarea informațiilor cu caracter științific din domeniul chimiei; - utilizarea eficientă a surselor informaționale și a resurselor de comunicare și formare profesională; - aplicarea cunoștințelor teoretice despre compoziția, structura și proprietățile compușilor chimici în rezolvarea sarcinilor practice; - identificarea problemelor, formularea și rezolvarea lor; - generarea ideilor noi și soluțiilor creative în rezolvarea situațiilor de problemă; - aplicarea strategiilor de muncă eficientă și responsabilă, de punctualitate, seriozitate și răspundere personală.	- monitorizarea proprietăților chimice și a fenomenelor prin observare și măsurare; - implementarea soluțiilor științifice și practice la rezolvarea problemelor experimentale; - colectarea, evaluarea, interpretarea și sintetizarea informației și a datelor chimice pentru a rezolva probleme teoretice și practice noi; - utilizarea sigură a substanțelor chimice, luând în considerație proprietățile lor fizice și chimice, inclusiv orice risc intervenit la folosirea lor; - ghidarea proceselor de laborator și utilizarea aparatelor în activitatea de sinteză și studiu; - evidențierea corelației compoziția-structura-proprietățile combinațiilor chimice; - utilizarea metodelor, instrumentelor, utilajului și tehnologiilor adecvate pentru activități de măsurare și monitorizare; - interpretarea datelor survenite din măsurările și observațiile de laborator și clasificarea acestora; - aplicarea cunoștințelor teoretice la soluționarea problemelor calitative și cantitative practice și din viața cotidiană; - selectarea celor mai adecvate metode pentru rezolvarea problemelor teoretice și practice noi; - monitorizarea proprietăților chimice și a fenomenelor prin observare și măsurare; - prezentarea orală și în scris a materialul științific și argumentarea justificată a opiniei proprii; - sinteza, evaluarea și interpretarea datelor din domeniul chimiei anorganice, analitice, organice și fizice; - utilizarea adecvată a teoriilor, principiilor, metodelor esențiale legate de domeniul chimiei; - evidențierea corelației compoziția-structura-proprietățile combinațiilor chimice; - comunicarea informației științifice specialiștilor și publicului larg.

Privită din perspectiva educației moderne, formarea inițială a studentului chimist va asigura:

- ✓ înțelegerea modalităților prin care, în procesul didactic, ideile și comportamentul individului se corelează într-un sens profitabil pentru cei care participă, direct sau indirect, pe termen lung, la procesul educațional;
- ✓ crearea de către specialiști și înțelegerea de către cei interesați – manageri, salariați – a unor teorii psihopedagogice, psihosociologice;
- ✓ înțelegerea modului în care se realizează diverse procese de grup - aderarea la grup, roluri, norme, factori de coeziune, gândire de grup, performanțe de grup;

- ✓ conturarea unui comportament prosocial activ, necesar în viitoarea societate bazată pe cunoaștere;
- ✓ dezvoltarea rolului cunoașterii de sine și a cunoașterii reciproce ca premisă pentru formarea unei atitudini certe profesionale în cariera didactică;
- ✓ alegerea și utilizarea adecvată a scopurilor propuse, a celor mai adecvate metode de instruire (individuale sau de grup, active sau pasive);
- ✓ responsabilizarea socială și culturală deopotrivă a formatorilor, dar și a cursanților;
- ✓ dezvoltarea unei etici profesionale specifice meseriei de cadru didactic.

Analizând diversitatea abordărilor conceptului de competență profesională și de clasificare a acestora pe plan național și internațional, acceptând clasificările propuse de autorii Vl. Guțu, E. Muraru, O. Dandara, A. Gremalshi, S. Baci, N. Globu am definit conceptul de competență profesională astfel: *un sistem de cunoștințe, capacități, deprinderi (experiențe), atitudini și valori personale manifestate în activitatea profesională pentru realizarea anumitor situații contextuale.*

Generalizările teoretice cu referire la definiția și structura competenței profesionale ne permite a stabili următoarele competențe profesionale specifice necesare studenților chimiști, care în viziunea noastră pot fi formate și dezvoltate în context interdisciplinar.

- **Competența de investigare** – reprezintă aplicarea metodologiei de investigație științifică din domeniul chimiei în diverse contexte profesionale.
- **Competența de comunicare profesională** – presupune luarea de decizii adecvate, în scopul realizării obiectivelor stabilite și obținerii de rezultate eficiente.
- **Competența digitală** – presupune cunoașterea și utilizarea eficientă a tehnologiilor informaționale generale cât și specifice chimiei în activitatea profesională.
- **Competența ecologică** – vizează structurarea unei culturi de protecție a mediului prin comportamente responsabile și decizii adecvate cu referire la starea mediului.
- **Competența de formare profesională continuă** – presupune o bună cunoaștere de sine pentru a identifica propriile necesități de formare profesională și ași dezvolta continuu competența profesională.

Astfel considerăm oportun prezentarea fiecărui tip de competență.

Competența de investigare – chimia este o știință experimentală, având la bază experimentul ca metodă de investigație științifică, cât și ca metodă de cunoaștere. Cercetarea științifică are ca scop major obținerea unui rezultat nou prin elaborarea de teorii, legi, cunoștințe etc. Configurarea acestei competențe își are originea în epistemologia științelor naturii și presupune explorarea realității prin activități provocate în scopul obținerii unor noi adevăruri științifice. Competența de investigație reprezintă o metodă universală de cunoaștere a realității.

Experimentul este metoda ce stă la baza investigației în scopul demonstrării unui adevăr științific și dezvoltarea gândirii științifice la studenți.

Competența digitală – datorită ritmului rapid de dezvoltare a societății, implicarea tehnologiilor informaționale și comunicaționale (TIC) în diferite discipline, cât și în chimie, a permis pătrunderea chimiei în diferite domenii ale activității umane. Prin specificul său interdisciplinar, chimia contribuie la formarea competențelor în majoritatea domeniilor de activitate: socială, științifică etc. De asemenea, chimia contribuie la formarea competențelor prin utilizarea diferitor soft-uri educaționale, metode moderne de cercetare și analiză (difracție cu raze X, RMN, calcule cuantice etc.), cât și la formarea competențelor de tip interpersonal și abilitatea de a activa în cadrul unor companii internaționale prin cunoașterea unei limbi străine și accesul la sursele electronice de informație.

Competența de comunicare profesională – gradul de stăpânire a unui sistem de termeni științifici de specialitate reflectă procesul cognitiv de posedare și prelucrare a informației științifice. Prin limbaj se exprimă atât însușirile de personalitate, cât și interesele, dorințele, nivelul de dezvoltare a sistemului cognitiv. Limbajul face ordine în gândire, sistematizează cunoștințele achiziționate, iar gândirea face posibilă organizarea necesară limbajului. Vorbirea studentului reflectă particularitățile gândirii sale. Ceea ce învață studentul prin activitățile de instruire implică o permanență intervenție a gândirii care selectează anumite forme și introduce anumite modificări. Din această interacțiune dintre gândire și limbaj apar forme de exprimare ale studentului. Deci, competența de comunicare a studentului se integrează cu competența gnoseologică care ulterior se dezvoltă prin memorare, diferențiere, clasificare, interpretare. Astfel prin competența de comunicare putem determina progresul cognitiv al studentului [34].

Competența ecologică – actualmente, educația pentru mediu are un rol primordial în restabilirea relației armonioase dintre om și natură. A proteja mediul înseamnă a soluționa problema combaterii poluării indiferent de sursele acesteia, care amenință culturile agricole și implicit, sănătatea oamenilor.

Dezvoltarea fără precedent a tehnicii în toate domeniile activității umane, are aspectele sale pozitive, dar și efecte negative prin prejudiciile aduse naturii sub diverse forme și anume: poluarea mediului, dezechilibrul ecologic și determinarea ecosistemelor naturale.

Competența de formare profesională continuă – această competență este generată de evoluția socială continuă care solicită optimizări și adaptări ale specialiștilor din diverse domenii ce trebuie să se racordeze dezvoltărilor sociale, științifice și tehnologice. Identificarea propriilor nevoi de formare profesională în scopul dezvoltării continue a competenței profesionale, referindu-

ne la învățarea pe parcursul întregii vieți: *oamenii sunt constrânși să învețe de-a lungul întregii vieți, pentru a fi pregătiți să înfrunte dinamica societății cunoașterii*, afirmă G. Vaysse.

Adaptarea Cadrului Național al Calificărilor (2015), domeniul general de studii 011 Științe ale educației la standardele educaționale europene cât și a planurilor cadru, curricula și materialele de suport, au drept scop ajustarea învățământului universitar la nivelul cerințelor educaționale internaționale. Respectiv, în acest context, se înscrie și dezvoltarea Cadrului Național al Calificărilor la specialitățile domeniului general de studii 011 Științe ale educației, fiind necesară racordarea la Cadrul European al Calificărilor. În aceeași ordine de idei, este oportună revizuirea planurile de studii și Curricula pentru specialitățile de formare inițială [14].

Totodată, standardele de competență profesională ale specialistului chimist, în scopul pregătirii fundamentale în înțelegerea fenomenelor și a legităților chimice promovează următoarele forme de instruire: *cursuri, seminare, lucrări practice și de laborator, teze și proiecte anuale*. Dar axarea pe competențe presupune și metodologii interactive de formare a specialiștilor chimiști. Astfel, constatăm că Standardele de competență profesională ale specialistului chimist nu promovează metodologii de formare a competențelor vizate (Figura 1.6).



Fig. 1.6. Competențele specifice necesare specialistului chimist

Astfel, angajarea în câmpul muncii ca specialist chimist poate fi abordată din următoarele perspective:

- I. angajarea în cadrul întreprinderilor și instituțiilor cu caracter științific și aplicativ, în laboratoare științifice, sanitaro-epidemiologice, la uzine chimice și biotehnologice, la diferite firme etc.;
- II. angajarea în funcție de profesor de chimie în sistemul de învățământ preuniversitar;

III. angajarea în cadrul instituțiilor internaționale.

Înșușind modulul psiho-pedagogic, specialistul poate activa în sistemul de învățământ preuniversitar ca profesor școlar de chimie. Posedând cunoștințe cu caracter interdisciplinar, tehnologii informaționale moderne, una sau mai multe limbi străine, specialistul poate fi solicitat de diferite instituții internaționale [35].

Astfel, competențele necesare formării profesionale *Competența de cercetare, Competența de comunicare profesională, Competența digitală, Competența ecologică, Competența de formare profesională continuă* vor contribui la o inserție socială și profesională reușită a viitorilor specialiști în domeniul chimiei.

Profesorii universitari care asigură pregătirea profesională inițială a studenților trebuie să își orienteze demersul educațional spre achiziționarea de către studenți a unui sistem de competențe funcțional. În această ordine de idei deducem:

- în programele de pregătire inițială ca obiectiv este formarea unor competențe specifice profesiei didactice;
- prin formarea inițială se presupune acumularea de către studenți a unui ansamblu de cunoștințe, capacități și deprinderi elementare pentru specialitatea vizată;
- necesitatea formării unor specialiști activi, capabili de a se încadra activ în procesul de învățare și de a învăța și a se forma permanent;
- pregătirea în domeniu nu mai este doar o formare inițială, aici ar fi necesară transformarea educației clasice de la accentul pus pe formarea inițială în educația permanentă, pe tot parcursul vieții, trecând la educația axată pe activitatea profesională și pe învățarea individuală [ibidem, p. 25].

Astfel, în procesul de pregătire universitară a studenților chimiști se impune necesitatea schimbării accentelor de pe conținuturi pe competențe, respectiv, formarea și dezvoltarea competenței profesionale este un proces continuu, care pe de o parte se datorează evoluției setului de cunoștințe și abilități ale individului și, pe de altă parte capacității sale de a reorganiza în complexe integrative achizițiile în funcție de experiența acumulată, ceea ce și semnifică procesul de profesionalizare în cariera aleasă. Deci conceptul de *competență profesională* exprimă nivelul înalt de calificare și profesionalism.

Fiecare specialist în domeniu ar trebui să posede anumite *competențe profesionale generale*:

- valorificarea cadrului normativ-reglatoriu și a politicilor educaționale, din perspectiva asigurării calității educației, demonstrând corectitudine/spirit critic și responsabilitate;

- proiectarea procesului educațional pentru diverse grupuri-țintă, în baza reperelor conceptuale și a cadrului metodologic aprobat, valorificând abordarea inter- și transdisciplinară, gândirea critică și creativă;
- realizarea procesului educațional cu diverse grupuri-țintă și în diverse contexte, prin utilizarea creativă a tehnologiilor educaționale adecvate paradigmei acceptate, manifestând atitudine responsabilă față de individualitatea subiecților;
- crearea unui parteneriat educațional eficient, în baza potențialului formativ al diversilor factori educaționali, demonstrând deschidere și implicare;
- soluționarea constructivă a conflictelor interpersonale și instituționale, a situațiilor problemă în domeniul educațional, manifestând asertivitate și toleranță;
- evaluarea procesului educațional prin raportarea la cadrul normativ și metodologic aprobat, în vederea luării unor decizii de eficientizare;
- gestionarea dezvoltării profesionale continue, în corespundere cu tendințele evoluției reperelor teoretice și a practicii educaționale, dând dovadă de motivație și responsabilitate.

Programele de studii 0114.5 orientate spre formarea profesorilor cu specializare la diverse discipline școlare, încadrate în Domeniul de formare profesională 0114 – Formarea profesorilor, sunt parte a Domeniului general de studii 011 – Științe ale educației și aceste programe de studii realizează formarea profesională a specialiștilor în domeniul științelor educației, prin dezvoltarea unor competențe transversale, competențe generale, competențe profesionale (Tabelul 1.2)

Tabelul 1.2. Corelarea competențelor transversale cu Cadrul Național al Calificărilor din învățământul superior (CNCRM 2018), domeniul de formare profesională 0114.5 Chimie

Nr. ord.	Competențe transversale	Competențe transversale Cadrul Național al Calificărilor din învățământul superior, domeniul de formare profesională 0114.5 Chimie
1.	Autonomie și responsabilitate <i>Responsabilitate în executarea sarcinilor profesionale</i>	- asumarea responsabilității pentru activitatea educațională realizată; - realizarea managementului educațional în conformitate cu prevederile normative; - manifestarea autonomiei profesionale și personale în luarea deciziilor privind tehnologiile educaționale; - demonstrarea creativității, inițiativei, deschiderii spre schimbare, evaluând adecvat contexte și orientări strategice educaționale; - realizarea activității de mentorat în cadrul echipei profesionale; - estimarea și corectarea activității educaționale în raport cu schimbarea finalităților și contextului educațional; - asumarea responsabilității pentru calitatea procesului educațional; - selectarea reperelor conceptuale și metodice în realizarea activității educaționale; - autocunoașterea și autorealizarea în plan profesional și personal.
2.	Interacțiune socială <i>Realizarea activităților specifice și rolurilor</i>	- realizarea activităților educaționale cu aplicarea principiilor și normelor de deontologie profesională;

	<i>legate de munca în echipă și distribuirea sarcinilor între membri</i>	- cooperarea eficientă în echipe de lucru profesionale, interdisciplinare și de interacțiune cu diverși factori educaționali în vederea realizării procesului educațional; - soluționarea problemelor educaționale prin crearea de parteneriate educaționale, gestionarea posibilităților formative ale diverșilor actori implicați în proces; - comunicarea eficientă în limba oficială a statului în diverse situații socio-profesionale; - utilizarea unei limbi de circulație internațională la nivel de comunicare profesională și studiul bunelor practici din alte sisteme educaționale; - promovarea valorilor educaționale la nivelul comunității; - valorificarea diversității culturale în diverse contexte educaționale.
3.	Dezvoltare personală și profesională <i>Conștientizarea necesității formării continue, utilizarea eficientă a tehnicilor și resurselor de învățare atât pentru dezvoltarea personală cât și profesională</i>	- stabilirea necesităților de autoinstruire și implicarea autonomă în variate forme de învățare pe parcursul întregii vieți; - gestionarea emoțiilor privind prevenirea stresului, arderii profesionale și demonstrării rezistenței la criză; - aplicarea unei strategii de dezvoltare profesională și evoluție în carieră în domeniul educațional prin promovarea imaginii pozitive a profesiei; - respectarea principiilor de bază ale eticii și deontologiei pedagogice în cadrul activității educaționale; - manifestarea altruismului, empatiei și responsabilității ca elemente definitorii ale activității profesionale într-un context educațional.

Prin analiza surselor bibliografice de specialitate și a documentelor normative am constatat că standardele de competență profesională ale specialistului chimist trebuie să fie precizate și completate astfel: *Competența de investigare, Competența de comunicare profesională, Competența digitală, Competența ecologică, Competența de formare profesională continuă.*

Calificarea **Profesor cu specializare la diverse discipline școlare** se axează pe un sistem de competențe (cunoștințe, abilități, atitudini și valori) care permit activitatea cu elevii (altruism, umanism, creativitate, responsabilitate, empatie, deschidere et.) și crearea unui mediu educațional pozitiv și formator. Sistemul de competențe solicitat de calificarea dată, necesită cunoștințe teoretice și abilități din domeniul psihologiei, pedagogiei, didacticilor particulare (componenta psihopedagogică) și cunoștințe teoretice și abilități din domeniile conexe, care servesc drept sursă pentru conținuturile educaționale (matematică, istorie, geografie, fizică, chimie, biologie, informatică) [36].

În scopul dezvoltării sistemului de competențe, formarea profesională conform Standardelor de competență profesională ale specialistului chimist, în scopul pregătirii fundamentale în înțelegerea fenomenelor și a legităților chimice promovează următoarele forme de instruire: *cursuri, seminare, lucrări practice și de laborator*, în cadrul cărora se va pune accent pe studii de caz, simulări, rezolvarea situațiilor de problemă, care stimulează învățarea autentică în contexte reale. De asemenea este încurajată utilizarea tehnologiilor moderne: soft-urilor

educaționale, platformelor electronice și a tehnologiilor educaționale avansate, bazate pe metode active și interactive.

În Cadrul Național al Calificărilor din învățământul superior (CNCRM 2018), domeniul de formare profesională 0114.5 Chimie nu sunt reflectate competențele: *Competența digitală*, *Competența ecologică*, *Competența de investigare*.

Dacă revenim la structura competenței profesionale, menționăm acordul unanim, al cercetătorilor, că competența este un sistem funcțional integrat ce cuprinde trei elemente: cunoștințe, abilități/aptitudini și atitudini/valori. Analizând CNCRM 2018 (nivelul 6), domeniul de formare profesională 0114.5 Chimie, am constatat că nu sunt reflectate atitudinile și valorile.

Astfel, analizând CNCRM-2018 am constatat că competențele necesare formării inițiale profesionale ale viitorilor specialiști în domeniul chimiei sunt integrate, după cum urmează (Tabelul 1.3):

Tabelul 1.3. Corelarea competențelor profesionale necesare studentului chimist cu competențele profesionale din învățământul superior propuse în CNCRM 2018 (nivelul 6), domeniul de formare profesională 0114.5 Chimie

Competența	Competențe profesionale specifice, CNCRM 2018	Cunoștințe	Aptitudini	Nivelul minim de recunoaștere/ evaluare
Competența de comunicare	CPS7 Soluționarea constructivă a conflictelor și situațiilor de problemă în cadrul clasei de elevi, între elevi și familie sau instituția de învățământ, manifestând respect și toleranță.	- Factori de dezvoltare a conflictelor, modalități de prevenire/ depășire a conflictelor; - Tipuri și stiluri de comunicare - Specificul interacțiunii elevilor în clase; - Caracteristicile managementului clasei de elevi; - Particularitățile psihologice ale elevilor.	- Identificarea situațiilor generatoare de conflict; - Determinarea modalităților de prevenire/depășirea situațiilor de conflict; - Clasificarea tipurilor și stilurilor de comunicare; - Analiza caracteristicilor clasei de elevi ca grup social; - utilizarea tehnicilor /instrumentelor de determinare a structurii clasei de elevi.	Propune sugestii pentru comunicarea eficientă și soluții pentru depășirea situațiilor de problemă și conflict.
Competența de formare profesională continuă	CPS9 Gestionarea dezvoltării profesionale continue, în corespundere cu tendințele evoluției	- Tendințe ale evoluției teoriei și practicii educaționale;	- Identificarea nevoilor de formare continuă;	Elaborează un plan de dezvoltare profesională.

	reperelor teoretice și a practicii educaționale în general și a teorii și metodologiei învățământului în special, dând dovadă de motivație și responsabilitate.	- Idei inovative în domeniul învățământului; - Modalităților de formare continuă.	- Stabilirea priorităților în dezvoltarea profesională.	
Competența de cercetare	-	-	-	-
Competența digitală	-	-	-	-
Competența ecologică	-	-	-	-

Astfel, atitudinea este starea de pregătire în care se regăsește individul pentru a oferi un răspuns observabil și evaluabil, fiind esența rezultatului așteptat, care orientează și motivează performanța. Pe de altă parte, atitudinea fiind o structură psihică internă, există imposibilitatea observării și măsurării directe a atitudinilor. Respectiv, atitudinile nu se manifestă în comportament, dar în funcție de valoarea lor morală. Atunci când corelează cu legile societății, atitudinile interiorizate, stabile și valorizatoare devin valori. Astfel, atitudinile sunt ghidate de valori, iar sistemul atitudinal reprezintă o structurare subiectivă a sistemului de valori împărtășite și promovate de o persoană. Valorile se asimilează prin experiență, prin relație cu mediul, prin educație, în funcție de sistemul de valori al societății, acționând din interior spre exterior.

În concluzie, sistemul cunoștințe-abilități-atitudini este insuficient pentru atingerea unor performanțe dorite, astfel, variabilele care vin cu impact și afectează motivațional competența, sunt valorile.

1.3. Abordarea interdisciplinară a curriculumului – deziderat al pedagogiei universitare postmoderne

Prin *curriculum* se subînțelege un ansamblu de experiențe de învățare, oferite de instituție tinerilor, cu scopul descoperirii și valorificării maxime a disponibilității și intereselor proprii. Curriculumul reprezintă un model pedagogic, prin intermediul căruia se realizează politicile educaționale ale statului, având la bază teoria factorilor și teoria axiologică, fiind constituit dintr-un anumit număr de elemente în interrelații corelate la nivel de paradigmă, asigurând formarea-dezvoltarea personalității elevului/studentului.

Ca definiție, curriculum-ul reprezintă un program al activității educaționale, care prin integralitatea și funcționalitatea sa se concentrează în plan de învățământ, programe școlare, manuale școlare, ghiduri metodologice [37].

Prin esența sa, curriculum-ul este un proiect, ca valoare fiind un plan cu acțiune educațională. Respectiv, acest proiect poate fi caracterizat ca:

1. *funcțional* – care orientează, organizează, conduce procesul de instruire și învățare și indică realizarea unor finalități;
2. *structural* – care include conținuturi, timp de instruire și învățare, strategii de predare și învățare, strategii de evaluare, finalități;
3. *al produsului*, se concretizează în plan de învățământ, programă curriculară, manual și o varietate de materiale curriculare auxiliare [ibidem].

Termenul *curriculum integrat* se referă la o anumită proiectare și organizare a instruirii, la o anumită strategie de predare care produce o interrelaționare a disciplinelor, unităților de conținut, astfel încât:

- satisfac nevoile și interesele elevilor/studentilor;
- realizează conexiunea între ceea ce învață elevii/studentii și experiențele lor.

La nivelul curriculumului, *integrarea*, înseamnă stabilirea unor relații clare de direcționare între cunoștințele, competențele și atitudinile, care își au bazele în interiorul disciplinelor academice. La baza curriculumului elaborat este luată paradigma *curriculumului integrat*.

În continuare propunem clasificarea tipurilor de curriculum (Figura 1.7) în viziunea pedagogului Vl. Guțu [38]:

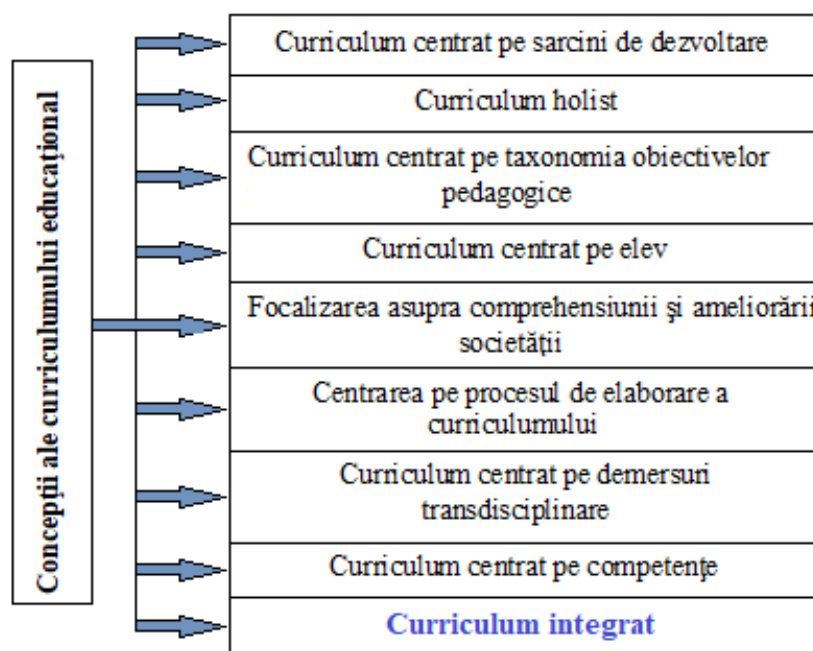


Fig. 1.7. Clasificarea tipurilor de curriculum

În sens larg, procesual, de politici educaționale, curriculumul definește un sistem de procese legate de aspectul decizional, managerial și de monitorizare, urmat de proiectarea, elaborarea,

implementarea, evaluarea și revizuirea permanentă și dinamică a setului de experiențe de învățare oferite de instituția de învățământ.

Conform Curriculum-ului universitar, *obiectivele generale* de formare inițială a cadrelor didactice vizează: cunoașterea și înțelegerea bazelor științelor educației, psihologiei, filozofiei și a cadrului legislativ în domeniul educațional, stabilirea direcțiilor și tendințelor în evoluția domeniului educațional și a științelor educației, elaborarea și prevederea finalităților educaționale, elaborarea programelor și proiectelor didactice, suporturi curriculare, realizarea eficientă a activității educaționale, stabilirea conținuturilor adecvate, elaborarea și aplicarea tehnologiilor pedagogice adecvate obiectivelor proiectate, determinarea criteriilor de evaluare, corelației dintre componentele curriculare: obiective-conținuturi-activități de evaluare, aplicarea inovațiilor curriculare în procesul educațional.

Disciplinele de la domeniul *Științe ale educației* (facultățile cu profil pedagogic) incluse în Curriculum-ul instituțiilor de formare inițială a cadrelor didactice sunt orientate spre formarea cunoștințelor și a competențelor privind proiectarea și realizarea procesului educațional, oferirea instrumentelor cognitive și aplicative care să le permită studenților abordarea riguroasă, obiectivă, exigentă și critică a fenomenului educațional.

Scopul procesului de formare inițială a studenților la chimie în spațiul european vizează: *formarea unor personalități cu un înalt grad de calificare profesională, cu viziuni moderne holistice, axiologice și prospective, capabile să aplice eficient strategiile și concepțiile educaționale în promovarea determinată a elevilor pe traseul unei dezvoltări interdisciplinare.*

Respectiv, finalitățile generale ale procesului de formare inițială a studenților la chimie [35] vor fi următoarele:

- utilizarea adecvată a teoriilor, principiilor, metodelor esențiale legate de domeniul chimiei;
- sinteza, evaluarea și interpretarea datelor din domeniul chimiei anorganice, analitice, organice și fizice;
- evidențierea corelației *compoziție–structură–proprietăți* ale combinațiilor chimice;
- monitorizarea proprietăților chimice și a fenomenelor prin observare și măsurare;
- aplicarea cunoștințelor teoretice la soluționarea problemelor calitative și cantitative practice;
- implementarea soluțiilor științifice și practice la rezolvarea problemelor experimentale;
- colectarea, evaluarea, interpretarea și sintetizarea informației și a datelor chimice pentru rezolvarea noilor probleme teoretice și practice;
- selectarea metodelor adecvate pentru rezolvarea problemelor teoretice și practice noi;
- utilizarea cât mai sigură a substanțelor chimice, ținând cont de proprietățile lor fizice și chimice, a riscului intervenit la utilizarea lor;

- ghidarea proceselor de laborator și utilizarea aparatelor în activitatea de sinteză și studiu;
- folosirea metodelor și instrumentelor, a utilajului și tehnologiilor corespunzătoare activităților de măsurare și monitorizare;
- comentarea rezultatelor obținute din măsurătorile și observațiile de laborator și clasificarea acestora;
- prezentarea materialului științific și argumentarea justificată a opiniei proprii;
- comunicarea informației științifice specialiștilor și publicului larg.

În acest context, metodologia de formare a competenței profesionale inițiale a studentului chimist poate fi asigurată prin corelarea interdisciplinară a conținuturilor cursurilor de chimie, biologie, fizică, matematică etc. Astfel vom avea un proces de învățământ special organizat de transferare a cunoștințelor din domeniul chimiei într-un tip de cunoștințe profesionale specifice, care va permite aplicarea acestora la rezolvarea diferitor probleme din activitatea profesională a viitorilor specialiști chimiști.

Studiul relațiilor interdisciplinare a fost din totdeauna un subiect discutabil la ordinea de zi în cadrul științelor naturii. Integrarea conținuturilor științifice este esențială în pregătirea specialiștilor de înaltă calificare. Pe plan mondial, tendința de formare a cadrelor didactice rezidă în formarea unor specialiști calificați cu un potențial de angajare sporit în mai multe domenii conexe. Astfel, precizăm actualitatea problemei de cercetare.

Termenul *integrare*, *integralizare*, conform Dicționarului de psihologie (U. Șchiopu (coord.)), reprezintă o corelare a conținuturilor. Însă, această corelare necesită o astfel de abordare curriculară în care ca obiectiv inițial cel mai adesea este finalitatea/finalitățile urmărite, în funcție de care sunt selectate celelalte componente ale procesului instructiv-formativ [39].

În viziunea cercetătorului L. Ciolan [40], un curriculum integrat nu este o preferință sau ceva aparent întâmplător, dar ceva rațional și fundamentat, astfel prin *integrare* înțelegem atât procesul, cât și rezultatul acestui proces prin care un component nou devine parte constitutivă a unui sistem existent.

Evoluțiile și dezvoltările socio-economice actuale constituie premise optime pentru a aborda integrată a curriculumului, fiind una dintre posibile forme, cât și necesare de sincronizare ale educației. În viziunea cercetătorului, abordarea integrată a curriculumului la moment este o alternativă sau o modalitate de complementarizare a curriculumului disciplinar, și există cazuri în care această abordare devine dominantă în proiectarea și implementarea curriculumului.

În ultimele două decenii, integrarea cunoașterii în general și a curriculumului în special au reușit să inițieze multe discursuri, teren de investigație tot mai bogat, extinzându-și aria conceptuală. Prin integrare, autorul se referă la înțelegerea acțiunii interrelaționării diverselor

componente pentru construirea unui sistem integru și la un nivel superior și într-un final integrarea părților v-a conduce la un produs/rezultat, care v-a depăși suma acestor părți. Prin integrare se subînțelege coordonarea, îmbinarea unor elemente separate într-un complex unitar, funcțional și armonios. Integrarea reprezintă o modalitate de organizare asemănătoare interdisciplinarității, numai că obiectivele învățării nu se referă la o categorie de activitate, ci la o tematică unitară și comună mai multor categorii.

În viziunea cercetătorilor, integrarea conținuturilor științifice, poate fi orientată în baza a trei paradigme: *interdisciplinară, multidisciplinară și transdisciplinară* (S. Cristea, V. Chiș, L. Ciolan, Vl. Guțu, T. Callo, S. Cemortan, N. Silistraru, O. Dandara, C. Crețu etc.). Integrarea diferitor aspecte ale cunoașterii este o provocare și mulți cercetători cu insistență, s-au oprit în ultimii ani asupra ei, iar printre conceptele cele mai abordate sunt interdisciplinaritatea, transdisciplinaritatea, integrarea curriculumului, predarea/învățarea tematică etc.

Principii de integrare a conținuturilor:

- descoperirea cauzei și a condițiilor de integrare;
- determinarea relațiilor dintre elementele componente ale integrării;
- examinarea efectelor atât la nivelul întregului, cât și la nivelul elementelor componente;
- considerarea întregului ca principiu înaintea părților, a porni de la întreg spre părți, asigurând comprehensiunea (înțelegerea);
- întregul este temeiul posibilității formei sale și baza de punere în relație a părților care depind de această formă.

Cu referire la integralitate, trebuie să ținem cont de faptul că pentru a se îndeplini, este nevoie de realizarea următorilor *factori*:

- un mediu integrator, totalizator, care oferă posibilitatea unirii a două sau mai multor elemente într-un tot întreg;
- sistem integrator, în care se v-a produce integrarea;
- sistem integrativ, elementele care se integrează;
- stimulent al integrării/elementul integrator, un factor stimulator, care face posibilă unirea elementelor și care aparține aceluiași mediu; agentul care integrează;
- elemente comune, care fac posibilă unirea;
- potențial integrator – legăturile dintre elementele componente [41].

Conform abordărilor cercetătorilor N. Basarab, L. Ciolan, A. Popovici Borzea, T. Callo în general, *integrarea* reprezintă acțiunea de interrelaționare a diverselor componente pentru a construi un întreg armonios și de un nivel superior; integrarea componentelor duce la un

produs/rezultat care v-a depăși suma acestor părți [42] și în sens mai redus, prin care un component nou devine parte constituantă a unui sistem deja existent.

Ideea integrării învățământului și formarea în aceste scopuri a legăturilor trans- și interdisciplinare se regăsesc în lucrările fondatorilor pedagogiei clasice I. A. Comenius și I. G. Pestalozzi. Practic, în a doua jumătate a sec. XX s-a început etapa dezvoltării învățământului integrat. La nivel național inițierea în studiul integrării la nivel multi- și interdisciplinar este abordată în literatură de Dimitrie Cantemir și Bogdan Petriceicu Hașdeu. Analizate izolat, disciplinele nu oferă o imagine completă a fenomenelor și proceselor, dar integrându-se, ele își vor îndeplini rolul într-un mai eficient și la un nivel mai calitativ. Procesul respectiv este caracterizat de o diferențiere continuă a unor noi discipline în cadrul unei științe deja existente, pe de o parte, și pe de alta, prin apariția și interpătrunderea unor componente din științe mai depărtate. În prima categorie se includ științele multidisciplinare, iar în a doua cele interdisciplinare.

Conform dicționarului explicativ român, *interdisciplinaritatea* se referă la un transfer de concepte și metodologie dintr-o disciplină în alta pentru a permite abordarea mai adecvată a problemelor cercetate [30]. Interdisciplinaritatea reprezintă un principiu metodologic de abordare a chimiei prin formarea unui sistem integrat de cunoștințe pe baza unor metode și principii de investigare pentru dezvoltarea unei gândiri integratoare, unitare [43].

Interdisciplinaritatea se referă la o intersectare a diferitor conținuturi disciplinare prin ignorarea limitelor stricte ale disciplinelor, prin selectarea temelor comune pentru diferite obiecte de studiu cu un nivel mai înalt de învățare, termen regăsit în limba engleză *higher order learning objectives*.

În cadrul studierii chimiei, interdisciplinaritatea, *implică un anumit nivel de integrare între diferite domenii ale cunoașterii și între diferite abordări, cu utilizarea unui limbaj comun, care ar permite unele modificări la nivel conceptual și metodologic*. Corelațiile interdisciplinare au unele avantaje: îi permit elevului să acumuleze anumite informații despre obiecte, procese și fenomene, care ulterior vor fi sistematizate în anii următori, pot clasifica mai bine o problemă, o temă, permite aplicarea unor cunoștințe în alte contexte, trecerea de la teorie la practică, ușurează transferul de informații, de metode de la disciplină la alta, stimulează procesele intelectuale ale elevilor, favorizând caracterul formativ al învățământului, în final realizându-se o învățare eficientă [44].

La studierea disciplinei Biologia (ciclul gimnazial și liceal) se folosește *principiul corelației interdisciplinare*, care presupune abordarea unui proces didactic interdisciplinar cu chimia, fizica, matematica, geografia, literatura, desenul etc., astfel motivând și condiționând caracterul sistemic al învățării. Didactica disciplinei Biologia se folosește de unele cunoștințe (idei, teorii, principii, metode, legități) din domeniul acestor științe, făcând o conexiune interdisciplinară

a procesului instructiv-educativ. În acest context, folosirea principiului corelației interdisciplinare, cât și aplicarea complexă a celorlalte principii curriculare în procesul educațional la biologie vor contribui la formarea și dezvoltarea unei personalități în conformitate cu finalitățile sistemului de competențe [45].

Disciplina Fizica (ciclul liceal), poate fi privită din două perspective: *disciplină obiect* și *disciplină instrument*. În primul caz, scopul procesului instructiv-educativ este acela de a forma la elevi anumite competențe specifice disciplinei, iar în al doilea – se urmărește utilizarea acelor cunoștințe, abilități într-un scop extern (social, tehnic, cotidian). Pentru ultimul caz printre finalitățile așteptate se vor regăsi și unele ce aparțin altui domeniu sau au un caracter interdisciplinar. Acestea din urmă parcă ar răspunde cel mai bine intereselor elevilor de a se integra mai eficient în activitățile de după absolvire și respectiv acest aspect nu ar trebui neglijat.

În procesul de studiere a fizicii promovarea interdisciplinarității este facilitată de existența unor discipline ce pot fi tratate interdisciplinar și mai ales cele din domeniul *Științe ale naturii*, respectiv constituirea științelor de graniță și extinderea cercetărilor bidisciplinare a permis delimitarea cunoașterii științifice monodisciplinare precum și defragmentarea cunoștințelor obținute de elevi. Promovarea interdisciplinarității s-ar realiza mai eficient în condițiile unui proces instructiv-educativ conceput pe discipline și realizat de profesori cu competențe profesionale bidisciplinare (fizică-matematică, chimie-biologie; biologie-geografie etc.) [46].

Abordarea interdisciplinară pornește de la ideea că nici o disciplină de învățământ nu constituie un domeniu închis, astfel se pot stabili legături între discipline. În rezultatul abordării interdisciplinare se realizează acțiunea directă dintre competențe sau conținuturi interdependente din două sau mai multe discipline, ce implică interpătrunderea disciplinelor. În cazul proiectării curriculare ne referim la competențe transversale sau competențe-cheie. Prin interdisciplinaritate se dezvoltă competențe integrate/transversale/cheie/crosscurriculare și apar transferuri orizontale ale cunoștințelor dintr-o disciplină în alta la nivel metodologic și conceptual.

Învățarea în context interdisciplinar are unele avantaje:

- Încurajarea colaborării directe și a înlocuirii specialiștilor care provin din discipline diferite, participând la formarea unui caracter deschis al cercetării, al practicilor sociale și al curriculumului școlar.
- Centrarea procesului instructiv-educativ pe cel ce învață, dezvoltarea pedagogiilor active, activitatea în centre pe interese, învățarea conceptuală sau tematică, învățarea în bază de proiecte sau probleme, învățarea prin cooperare.
- Crearea unor structuri mentale și acțional-comportamentale flexibile și integrate, cu capacitate de transfer și adaptare.

- Învățare cu sens și durabilă, prin interacțiuni permanente între conținuturi disciplinare, prin relevanța explicită a competențelor formate, legate de necesitățile personale, sociale și profesionale, transferarea teoriei și practicii pedagogice de pe ideea de disciplină și a decompartmentării achizițiilor învățării în favoarea interacțiunilor și corelațiilor.

Chimia este o disciplină la hotarul dintre științele naturii cu cele exacte, având multiple corelații cu disciplinele din aceste domenii.

Din Figura 1.8 observăm că Chimia are conexiuni cu diverse domenii științifice cu care face transfer de informație și metodologie.

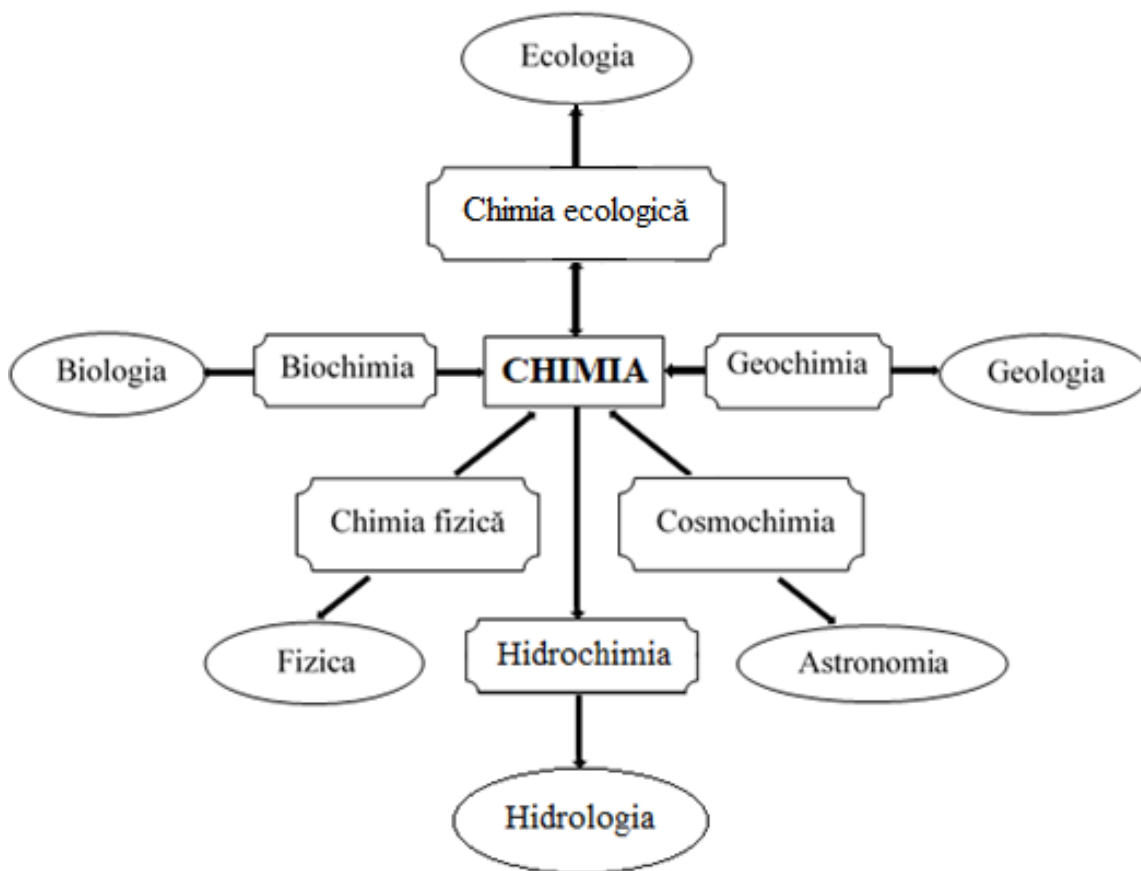


Fig. 1.8. Integrarea conținuturilor domeniului Chimie cu alte științe

Creșterea inovațiilor în cele mai diferite domenii ale științelor a generat modificări și apariția noilor discipline. Dacă rezultatele obținute permit elaborări teoretice, atunci pot fi create condiții necesare pentru apariția unei noi discipline: baza teoretică, obiective de investigare, metode și tehnici specifice etc. Știința modernă ne poate oferi unele exemple de acest fel.

Situația ar fi diferită în cazul științelor interdisciplinare, adică științe de frontieră, fiind o interconexiune pe domenii variabile (Figura 1.9).

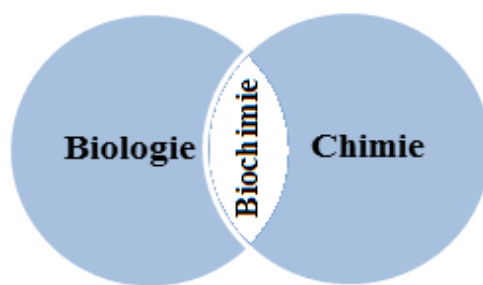


Fig. 1.9. Modelul unei științe interdisciplinare – Biochimia

Biochimia este o știință interdisciplinară apărută la interpătrunderea chimiei cu biologia, care s-a dezvoltat ca o disciplină independentă în ultimele decenii și care se ocupă cu analiza compoziției și structurii chimice a substanțelor din care sunt alcătuite organismele vii, interacțiunile dintre aceste substanțe și transformările metabolice la care acestea sunt supuse. În această disciplină nouă cu caracter interdisciplinar, în rezultatul acestei interpătrunderi, au intrat numai componentele necesare, și nu toată biologia sau chimia, de altfel s-ar fi obținut altceva.

În plus, studiile aprofundate la hotarul celor două discipline au scos în evidență noi clase de compuși, proprietăți, metode de cercetare etc. Analiza fenomenelor cognitive în biochimie prezintă fenomenele biologice într-o viziune chimică. În biochimie nu sunt tratate substanțele chimice ca atare, dar semnificația lor din punct de vedere energetic, plastic, trofic, cât și metabolismul organismelor.

De ex.: glucoza, pentru un chimist este o substanță chimică cu compoziție moleculară și structurală cunoscută, cu proprietăți fizice și chimice caracteristice, iar pentru un biochimist ea este o sursă cu semnificație energetică și metabolică. Existența în organismele vii a diverselor procese și fenomene chimice și fizice constituie o punte de legătură cu chimia organică, care a permis apariția biochimiei și a biofizicii.

La rândul ei, geochimia s-a format la hotarul dintre chimie și geologie (știința despre studiul structurii și formării Pământului), care studiază răspândirea geografică și deplasarea elementelor chimice din scoarța pământului. Chimia ecologică face legătura chimiei cu ecologia (știința care se ocupă cu studiul interacțiunii dintre organisme și mediul lor de viață) prin faptul că o știință ce studiază procesele chimice și interacțiunile în mediul ambiant (ecosferă), precum și consecințele acestor interacțiuni.

În dependență de specialități (mono- sau duble) și semestre în cadrul facultății Biologie și chimie se studiază următoarele discipline ce s-au format la interpătrunderea chimiei sau biologiei cu alte științe, cum ar fi: biochimia, chimia fizică, hidrochimia, biogeografia, agrobiologia, cristalochimie, hidrobiologie, modelare computațională în chimie, tehnologii informaționale aplicate în chimie, ecologie ș.a.

Respectiv, interdisciplinaritatea presupune o intersectare a diferitor domenii disciplinare, în rezultat formându-se noi discipline de studiu și în această abordare interdisciplinară dispar unele limite ale disciplinelor, găsindu-se teme comune diferitor obiecte de studiu, care vor conduce la realizarea unor obiective mai complexe.

În scopul determinării gradului de interconexiune a disciplinei Chimia cu alte discipline școlare au fost analizate conținuturilor de chimie (ciclul gimnazial și cel liceal) [47-52]. Rezultatele acestor constatări sunt prezentate în Tabelul 1.4:

Tabelul 1.4. Ponderea conținuturilor disciplinei Chimia cu alte discipline

Clasa	Numărul total de teme	Nr. temelor (referire la alte discipline)	Ponderea temelor ce au conexiune cu alte discipline, %
VII	32	19	59,37
VIII	49	34	69,39
IX	46	27	58,69
X	88	21	23,86
XI	39	11	33,33
XII	65	23	35,38

Reieșind din rezultatele expuse (Tabelul 1.4, Figura 1.10) putem spune că conform Curriculum-ului aprobat (2010) în cadrul studierii disciplinei *Chimia* se urmărește în mare parte o abordare integrată a temelor, respectiv o abordare educațională interdisciplinară.

În clasele VII-IX, comparativ cu ciclul liceal, gradul de interdisciplinaritate este mai mare (58,69 - 69,39%), deoarece conform Ciclurilor curriculare nivelul gimnazial reprezintă *Ciclul de Observare și orientare*, care are ca obiectiv primordial *orientarea în vederea optimizării opțiunii școlare și profesionale ulterioare și vizează:*

- descoperirea și conștientizarea propriilor afinități, aspirații și valori în scopul construirii imaginii personale pozitive;
- formarea și dezvoltarea capacității de analiză a competențelor dobândite în scopul orientării profesionale;
- dezvoltarea capacității de comunicare, inclusiv prin folosirea diferitelor limbaje specializate;
- dezvoltarea unei gândiri autonome și a responsabilității față de integrarea în mediul social.

Respectiv, pentru ași forma o viziune clară asupra proceselor și fenomenelor ce decurg în natură este nevoie de făcut legătură cu alte discipline, cât și pentru o orientare mai clară în alegerea unei profesii.

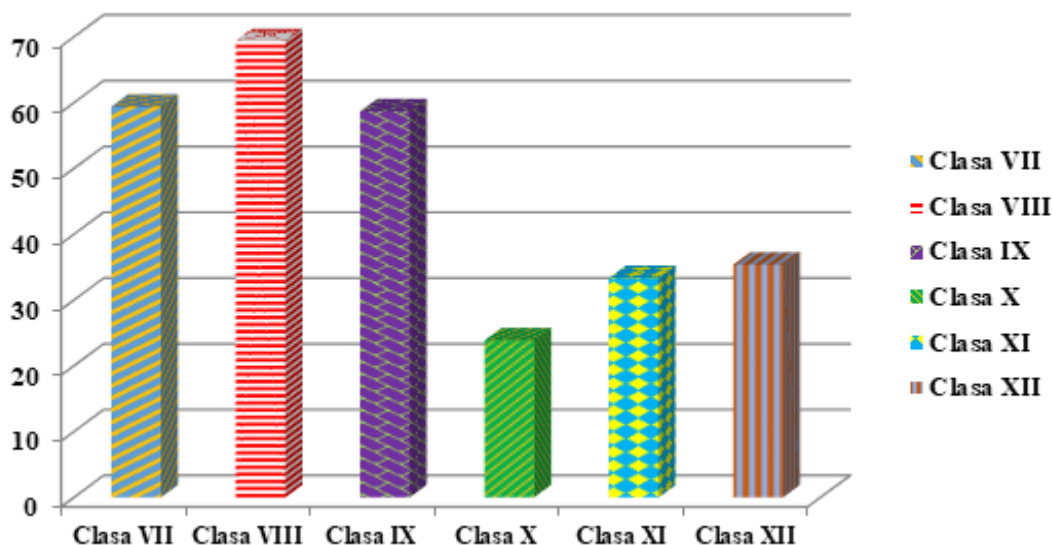


Fig. 1.10. Gradul de interconexiune al disciplinei Chimia cu alte discipline, %

În clasele X-XII, gradul de interdisciplinaritate este redus practic în jumătate (23,86 – 35,38%), deoarece clasele X-XII reprezintă Ciclul de *Aprofundare*, având ca obiectiv adâncirea studiului în profilul și specializarea aleasă, asigurând, în același timp, o pregătire generală pe baza opțiunilor din celelalte arii curriculare și se referă la:

- dezvoltarea competențelor cognitive, care ar permite corelarea informațiilor din domeniile conexe ale cunoașterii;
- dezvoltarea competențelor socioculturale, oferind integrarea activă în diferite grupuri sociale;
- formarea atitudinii pozitive și responsabile față de acțiunile personale cu impact asupra mediului social;
- dezvoltarea imaginației și a creativității ca resurse ale vieții personale și sociale de calitate.

Pe când clasele XI-XII, reprezintă Ciclul de *Specializare* și are ca obiectiv pregătirea pentru integrarea eficientă în învățământul universitar de profil sau pe piața muncii, și se referă la:

- formarea încrederii personale și construirea unei imagini pozitive asupra reușitei;
- luarea deciziilor adecvate în contextul schimbării condițiilor sociale și profesionale;
- conștientizarea și utilizarea modelelor de funcționare a societății și de schimbare socială.

Reeșind din analiza efectuată am constatat că în cadrul studierii disciplinei Chimia conținuturile fac referire la diferite domenii științifice (ciclul gimnazial și cel liceal), după cum urmează (Tabelul 1.5):

Tabelul 1.5. Numărul temelor din disciplina Chimia, care fac referire la alte domenii

Ciclul curricular	Clasa	Fizica	Istoria	Geografia	Biologia	Matematica	Geologia	Mineralogia	Farmacologia	Ecologia	Astronomia	Medicina
Gimnazial	VII	10	8	2	7	6	1	2	2	5	2	-
	VIII	9	6	10	18	6	5	2	-	8	3	3
	IX	3	10	4	15	5	1	12	8	4	2	10
Liceal	X	12	6	1	5	4	-	2	3	4	-	5
	XI	2	8	5	9	10	2	4	5	4	-	7
	XII	9	7	3	17	5	-	3	9	7	-	7

Obiectivele ciclurilor curriculare [53] oferă diferitelor etape ale școlarității o serie de dominante, care se regăsesc în structura programelor școlare. Astfel, sistemul de învățământ fiind structurat pe cicluri curriculare contribuie la: crearea continuității (preprimar-primar, primar-gimnaziu, gimnaziu-liceu); continuitate metodică prin transfer de metode de la un ciclu la altul; stabilirea conexiunilor clare la nivelul curriculumului prin intermediul obiectivelor generale; constituirea unei structuri mai corelate a sistemului de învățământ legat cu vârsta psihologică a elevilor.

Reieșind din aceasta, în ciclul liceal, care este unul de *Aprofundare* și *Specializare* este axat pe aprofundarea studiului în domeniul ales, cât și pregătirea în vederea specializării și integrării eficiente în învățământul universitar de profil sau pe piața muncii.

În cadrul studierii Chimiei se recomandă stabilirea legăturilor relevante cu alte discipline, de exemplu, cu biologia (la teme: proteine, glucide, probleme de mediu etc.), fizica (curent electric, forme de energie etc.), informatica (prezentări Power Point, software educative etc.), matematica (expresii matematice de calcul, algoritmi etc.), literatura (probe creative, eseu, poezii etc.), istoria (date din istoria descoperirii elementelor chimice, a substanțelor chimice, a legilor fundamentale ale chimiei, viața și activitatea savanților în chimie etc.).

Un suport eficient pentru realizarea interdisciplinarității îl constituie activitățile extracurriculare la chimie, cursurile opționale *Protecția consumatorului*, *Protecția mediului*, *Tehnica experimentului chimic*, proiectele de natură interdisciplinară între clase și școli [54].

1.4. Concluzii la Capitolul 1

În rezultatul analizei literaturii din domeniu și a documentelor de politici educaționale s-a ajuns la concluzia că sunt elaborate standarde de competență profesională ale specialistului chimist, dar nu sunt elaborate strategii didactice de formare, dezvoltare și evaluare ale acestora.

Sunt propuse standarde de competență profesională pentru chimiști, dar pentru formarea și dezvoltarea lor nu este elaborată careva metodologie. În studiul formării inițiale a chimiștilor nu a fost abordată problema corelării interdisciplinare a conținuturilor în scopul formării inițiale a competențelor profesionale la chimie. Reieșind din acestea expunem următoarele concluzii:

1. Analizând diversitatea abordărilor conceptului de competență profesională și de clasificare a acestora pe plan național și internațional, acceptând clasificările propuse de autorii Vl. Guțu, E. Muraru, O. Dandara, A. Gremalshi, S. Baciuc, N. Globu am definit noțiunea de competență profesională ca: *un sistem de cunoștințe, capacități, deprinderi (experiențe), atitudini și valori personale manifestate în activitatea profesională pentru realizarea anumitor situații contextuale.*
2. În Cadrul Național al Calificărilor din învățământul superior (CNCRM 2018), domeniul de formare profesională 0114.5 Chimie nu sunt reflectate competențele: *Competența digitală, Competența ecologică, Competența de investigare.*
3. Analizând CNCRM 2018 (nivelul 6), domeniul de formare profesională 0114.5 Chimie, s-a constatat că nu sunt reflectate atitudinile și valorile, necesare formării specialistului chimist.
4. Generalizările teoretice cu referire la definiția și structura competenței profesionale ne-au permis a stabili următoarele competențe profesionale specifice studenților chimiști, care în viziunea noastră pot fi formate și dezvoltate în context interdisciplinar: *Competența de cercetare, Competențe de comunicare profesională, Competența digitală, Competența ecologică, Competența de formare profesională continuă.*
5. Abordarea interdisciplinară este un nivel relevant de integrare pentru formarea competenței profesionale a specialiștilor chimiști. Prin intermediul interdisciplinarității pot fi rezolvate un șir de probleme legate de formarea, dezvoltarea și educația studenților și, de asemenea, poate fi pusă baza unei abordări integrate de rezolvare a problemelor complexe ale realității.
6. Pe plan mondial există tendința în formarea specialiștilor de înaltă calificare cu potențial de angajare în mai multe domenii adiacente. În acest context, metodologia de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist, pentru ași demonstra eficiența, este necesară corelarea interdisciplinară a conținuturilor cursurilor de chimie, biologie, fizică etc.

7. O problemă fundamentală a instruirii la nivel universitar în domeniul științelor exacte este abordarea insuficientă interdisciplinară a fenomenelor din domeniul chimie-biologie-fizică, ceea ce impune o revizuire a conținuturilor acestor discipline.

2. Cadrul metodologic de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist

2.1. Modelul pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar

Acordul de la Bologna, la care a aderat și RM prevede, ca sistemul național de învățământ superior să-și amelioreze în mod semnificativ direcțiile pregătirii calitative a specialiștilor competitivi în domeniul Chimiei (ținând cont de tendințele de pe piața muncii). Pentru formarea universitară a viitorilor specialiști în domeniul chimiei componenta de specializare este principală atât pentru dezvoltarea cognitivă a studenților, cât și pentru procesele de formare profesională inițială a tinerilor specialiști.

În plus, pregătirea viitorilor specialiști în domeniul chimiei este concepută pentru a dezvolta la studenți abilitățile de realizare a abordării interdisciplinare a chimiei cu biologia, fizica, informatica, matematica [55].

Pentru viitorul specialist în domeniul chimiei, studierea unui set de discipline interconexe chimiei contribuie la dezvoltarea diferitor mecanisme, instrumente și procedee pentru formarea competenței profesionale.

Din punct de vedere aplicativ, studierea integrată a chimiei cu alte discipline conduce la asimilarea cu succes a informației atât din domeniul chimiei, cât și din alte discipline academice, precum și elementele de bază ale profesiei, motivarea pentru învățarea pe tot parcursul vieții. Astfel, rezumând cele expuse anterior, se poate afirma că studierea universitară a disciplinei Chimia include un sistem integru de cunoștințe specifice domeniului, achiziționate eficient și contribuie la dezvoltarea aptitudinilor și motivației care vor caracteriza un specialist format și îi vor permite de a se încadra în activitățile profesionale.

Formarea (dezvoltarea) competențelor specifice a tinerilor profesioniști (absolvenți de facultate), ar trebui să fie privită ca un proces creativ care impune cadrelor didactice universitare în ansamblu un înalt profesionalism atât în domeniul chimiei, cât și în cel al metodologiei didactice.

În vederea soluționării unor stări de criză în evoluția științei sunt acceptate restructurări superioare, atât la nivel științific, cât și psihosocial. Astfel, paradigma reprezintă un cadru logic și ordonat de idei și principii acceptate de o comunitate științifică, care oferă o explicație generală asupra unui fenomen pedagogic.

Unii cercetători, percep paradigma ca o modalitate generală de observare și de interpretare a unui fenomen științific. Deci, paradigma pedagogică este o schemă conceptuală, un model de

identificare și soluționare a problemei, o metodă conceptuală de cercetare ce predomină în societatea științifică o anumită perioadă istorică, oferind posibilitatea înțelegerii și cercetării profunde a caracterului evoluției cunoașterii științifice. Acumularea cunoștințelor științifice, aprofundarea cunoașterii și găsirea legăturilor fundamentale dintre variatele direcții științifice, devine necesară o altă interpretare a paradigmei decât cea extinsă. Fiecare paradigmă implică abordarea unei anumite concepții despre lume și viață, aceasta fiind mai mult sau mai puțin diferită de perspectiva în care alte paradigme abordează aceeași problematică [56].

Paradigma axiologică: (*gr. „axia”* - valoare, „*logos*” – teorie) presupune fenomenologia obiectivă a desfășurării valorilor între cei doi poli – pozitiv și negativ, de la adevăr la fals, etc., cu toate modulațiile și oscilațiile posibile în intervalul axiologic. H. Rickert [57, 58, 59] afirmă că sistematizarea valorilor trebuie să posede un caracter deschis pentru dezvoltarea culturii. În fiecare epocă există un potențial cultural/științific ce facilitează o nouă dezvoltare, care nu este liniară (după V. Bâlici) [60].

Deci, axiologia se referă la un complex de valori, indicând diferite tipuri de rezultate dezirabile ale învățării. Orientările valorice ale studentului chimist reprezintă o unitate de valori interconexe, care direcționează activitatea de învățare și individuală. Orientările valorice sunt reflexii, adică, în conștiința individului valorile sunt reflectate ca scopuri prioritare ale vieții profesionale, dar și în calitate de indicatori. Ele se construiesc dinamic și activ prin învățare în personalitatea studentului. Realizarea valorilor poate fi manifestată în plan cognitiv, afectiv și comportamental, dar și în domeniul relațiilor interpersonale, în domeniul relațiilor individ-natură, în domeniul Eu-lui etc. Paradigma axiologică vizează conținuturile științifice ca valori de adevăr ce stau la baza formării competenței profesionale a studentului chimist. Deci, conținuturile științifice integrate – valori formate prin educația universitară.

Paradigma holistică: (*de la grec. „holos”* – întreg, integru) are o semnificație deosebită în abordarea competenței profesionale, determinată de evoluția cunoașterii științifice integrate specifice gândirii umane moderne. Cu referire la Enciclopedia de Filosofie și Științe Umane [61] holismul, este o concepție potrivit căreia, organismul biologic sau social ca totalitate organizată nu echivalează cu suma părților înțelese ca elemente discrete.

Pentru prima dată termenul a fost folosit de J. C. Smuts și preluat de A. Mayer și B. Durken [apud 60] pentru a o aplica biologiei care, răspunde ipotezei mecaniciste și prin care consideră fenomenele fizico-chimice dependente de cele biologice, iar potrivit metodei simplificării holistice deduce grade de realitate mai puțin înalte, analizând întregul pentru a ajunge la componentele sale și studiază astfel părțile numai în relația cu întregul, analizând modul în care părțile se inserează în întreg potrivit unei perspective finaliste. Cercetătorul C. Cucoș [62] afirmă că chiar dacă

paradigma holistică are mai mult aspect teoretic ea insistă ca aspectul practic să fie configurat conform *zării proclamate de înălțimea valorii anunțate de competență* și are funcționalitatea unui model comportamental, care exprimă nu ceea ce este, ci ceea ce se pare a fi. În cercetarea realizată paradigma holistică permite demersului investigativ să identifice noi aspecte ale fenomenului de competență profesională a studenților chimiști. V. Botnari [63] indică că holismul poate oferi o nouă direcție cercetării legate de problema formării competențelor profesionale.

În contextul formării competenței profesionale a specialiștilor chimiști, holismul reprezintă un principiu al conexiunii și determinării reciproce a fenomenelor naturale și sociale, precum și semnificația procesuală în formarea unei complexități organizate. Totodată abordarea holistică în formarea competenței profesionale reprezintă o integralitate intrinsecă din moment ce personalitatea își propune să tingă spre anumite obiective în activitatea profesională.

Paradigma constructivistă: evidențiază în prim-plan procesul de învățare și cum se realizează acesta, deoarece important în învățare este nu *ce* și *cât înveți*, ci *cum înveți*. Studenții chimiști dobândesc experiențe de învățare care îi implică în formulare de ipoteze, să cerceteze, să pună întrebări, să prezică și nu să asimileze cunoștințe transmise. Prin urmare, un rol important în învățarea constructivistă îl dețin procesele mentale cognitive. Fondatorul constructivismului este considerat cercetătorul J. Dewey, în continuare această paradigmă a fost dezvoltată de către J. Piaget [64], L. Vâgotsky [65], printre cercetătorii autohtoni – E. Joița [66].

În rezultatul învățării constructive studenții se confruntă cu conflicte cognitive, reflectă asupra problemelor, formulează ipoteze etc. Prioritar în cunoașterea constructivistă este nu achiziția a cât mai multe cunoștințe, ci faptul cum sunt ele conștientizate, identificate, construite, interpretate. La fel și M.-D. Bocoș [67] este de părerea, că construcția cunoașterii înseamnă că subiectul se informează, caută, selectează, tratează critic informațiile indiferent de sursa lor, reformulează, analizează, compară, clasifică, evaluează, formulează ipoteze, le testează, experimentează, descoperă, concluzionează etc. În felul acesta studentul își personalizează metodele de lucru și își construiește strategii de acțiune adaptate propriei formări și propriei personalități, dezvoltând astfel competența profesională. Paradigma constructivistă stă la baza metodologiei de formare a competenței profesionale a studenților chimiști.

Paradigma curriculară: Curriculum este un ansamblu complex și coerent de legități care conduce demersul pedagogic al unei acțiuni educative la niveluri diferite de operaționalizare. Totodată, curriculum-ul reprezintă un program al activității educaționale, care prin integralitatea și funcționalitatea sa se concentrează în plan de învățământ, programe școlare, manuale școlare, ghiduri metodologice [68]. Paradigma curriculară pe parcursul evoluției a fost dezvoltată de către cercetătorii: F. Bobbit, R. Tayler, J. Dewey, L. D Hainaut, S. Cristea, A. Crișan, Vl. Guțu [56, 69].

Paradigma psihocentristă: Paradigma pedagogiei psihologice/psihocentrisme este inițiată în Germania (W. A. Lay, E. Meumann) și Franța (A. Binet, Claparede, Montessori, Decroly, Ferriere etc.). Din perspectiva acestei paradigme, pedagogia este centrată prioritar asupra cerințelor psihologice ale educației și ale educatului [70].

Paradigma sociocentristă: Paradigma pedagogiei sociologice/sociocentrisme este inițiată în Germania (P. Natorp) și Franța (E. Durkheim) și dezvoltată ulterior din diferite perspective sociale: civice (G. Kerschensteiner), culturale (E. Spranger), politice (A.S. Makarenko) etc. Din perspectiva acestei paradigme, pedagogia este centrată prioritar asupra cerințelor societății (civice, culturale, politice, economice etc.) față de educație și de educat [ibidem, 70].

Dezvoltarea paradigmei curriculare pentru educație [71] se axează pe necesitatea rezolvării conflictelor dintre abordarea psihocentristă și sociocentristă a educației, și între profesor și elev (Tabelul 2.1).

Tabelul 2.1. Caracteristicile abordării psihocentrisme și sociocentrisme

Abordarea psihocentristă	Abordarea sociocentristă
❖ vizează centrarea pe elev, este orientată pe noțiunea de dezvoltare a persoanei ca întreg și promovează învățarea prin activități în care elevul se implică de bună voie și la alegerea sa, în explorare spontană și joc. În baza abordării psihocentrisme sistemul educațional oferă următoarele caracteristici: • educația centrată pe educat, pe calitățile lui naturale, fiziologice și psihologice; • cunoașterea resurselor psihologice ale elevului, în baza metodelor de observare; • realizarea acțiunilor practice eficiente în mediul pedagogic natural; • respectarea libertății de manifestare a elevului; • organizarea conținutului educației în raport cu cerințele funcționale și interesele elevului; • instituționalizarea copilului (la decizia părinților); • individualizarea educației prin valorificarea tuturor resurselor inteligențelor multiple ale copilului.	❖ vizează influența directă a adulților (părinte/educator) asupra elevului prin atitudine, mesaj verbal, gestică, stare afectivă, exemplul personalității etc., ori prin prezența lor activă și indirectă, prin intermediul altor factori educaționali (rude din familie, grup social, comunitate). În instituția de învățământ, profesorul ghidează, gestionează/organizează, monitorizează și evaluează activitatea elevului; își menține rolul de facilitator. Astfel, sunt favorizate interacțiunile între colegi și lucrul în grup, iar jocul simbolic sau așa-zisa joacă sunt considerate la fel de importante ca și învățarea culturală. Rolul adulților este, pe de o parte, de a aranja spațiul de joacă, de a stabili ce echipament se folosește pentru joc și pentru celelalte activități și de a organiza programul de desfășurare a acestora și, pe de altă parte, de a se apropia de copii în așa fel încât să încurajeze învățarea culturală. Profesorii reprezintă un mijloc de îndrumare și de sprijin al copiilor, în perioada de creștere socială și intelectuală.

Specificul paradigmei educaționale influențează setul de valori teoretice cultivate la studentul chimist (Tabelul 2.2).

Tabelul 2.2. Valorile teoretice formate în cadrul diferitor paradigme educaționale

Paradigma	Valori teoretice
axiologică	✓ orientările valorice ale studentului chimist reprezintă o unitate de valori interconexe care direcționează activitatea de învățare și individuală; ✓ valorile reprezintă reflexii, adică, în conștiința studentului chimist ele sunt reflectate ca scopuri prioritare ale activității profesionale, dar și în calitate de indicatori și ele se construiesc dinamic și activ prin învățare în personalitatea lui; ✓ realizarea valorilor poate fi manifestată cognitiv, afectiv și comportamental, în domeniul relațiilor interpersonale, în domeniul relațiilor individ-natură; ✓ vizează conținuturile științifice ca valori de adevăr ce stau la baza formării competenței profesionale a studentului chimist; ✓ conținuturile științifice integrate - valori formate prin educația universitară.
holistică	✓ are semnificație în abordarea competenței profesionale, care determină evoluția cunoașterii științifice integrate specifice gândirii umane moderne; ✓ consideră că fenomenele fizico-chimice sunt dependente de cele biologice, analizând întregul pentru a ajunge la componentele sale; ✓ permite investigației să identifice noi aspecte ale fenomenului de competență profesională a studentului chimist; ✓ poate oferi o nouă direcție de cercetare ce ține de problema formării competențelor profesionale; ✓ reprezintă o integralitate intrinsecă din moment ce personalitatea își propune să atingă un scop în activitatea profesională.
constructivistă	✓ evidențiază procesul de învățare și cum se realizează acesta, fiind important în învățare nu <i>ce și cât înveți</i>, ci <i>cum înveți</i>; ✓ studentul chimist dobândește experiențe de învățare care îl implică în formulare de ipoteze, să cerceteze, să pună întrebări, să prezică și nu să asimileze cunoștințe transmise; ✓ un rol important în învățarea constructivistă îl dețin procesele mentale cognitive, unde studentul se confruntă cu conflicte cognitive, reflectă asupra problemelor, formulează ipoteze etc.; ✓ prioritar în cunoașterea constructivistă este nu achiziția a cât mai multe cunoștințe, ci faptul cum sunt ele conștientizate, identificate, construite, interpretate; ✓ construcția cunoașterii înseamnă că subiectul se informează, caută, selectează, tratează critic informațiile indiferent de sursa lor, reformulează, analizează, compară, clasifică, evaluează, formulează ipoteze, le testează, experimentează, descoperă, face concluzii; ✓ studentul își personalizează metodele de lucru și își construiește strategii de acțiune adaptate propriei formări și propriei personalități, dezvoltând astfel competența profesională; ✓ stă la baza metodologiei de formare a competenței profesionale a studentului chimist.
curriculară	✓ curriculum-ul reprezintă un program al activității educaționale, care prin integralitatea și funcționalitatea sa se concentrează în plan de învățământ, programe școlare, manuale școlare, ghiduri metodologice.
psihocentristă	✓ pedagogia este centrată prioritar asupra cerințelor psihologice ale educației și ale educatului.
sociocentristă	✓ pedagogia este centrată asupra cerințelor societății (civice, culturale, politice, economice etc.) față de educație și de educat, prin educarea unui individ capabil de a se integra atât în plan social cât și profesional.

În luna mai a anului 2005 Republica Moldova a semnat Declarația de la Bologna, devenind parte componentă a procesului de edificare a spațiului comun european al învățământului superior și al cercetării, cunoscut sub numele Procesul Bologna. Unul dintre obiectivele importante ale Procesului Bologna constă în implementarea unor programe de studii transparente, centrate pe student și orientate pe finalități.

Aderarea Republicii Moldova la Procesul de la Bologna, a oferit posibilitatea lansării reformelor în domeniul curriculumului universitar, prin:

- (1) organizarea programelor de studiu flexibile și modularizate;
- (2) implementarea noilor tehnologii;
- (3) reorganizarea programelor de formare inițială pentru viitoarele cadre didactice;
- (4) organizarea activităților de studiu ale studentului axate pe formarea competențelor generale (transferabile și adaptabile în funcție de domeniul de activitate ales) și specifice, cu ajutorul cărora studentul se va putea integra mai ușor pe piața forței de muncă [72].

Dezvoltarea curriculumului la etapa postmodernă se axează pe diversitatea și interacțiunea diferitor abordări și concepții curriculare: (a) concepția curriculumului holist; (b) concepția curriculumului centrat pe student; (c) concepția curriculumului integrat; (d) concepția curriculumului centrat pe competențe.

În acest moment, tendința cea mai răspândită pe plan internațional în domeniul teoriilor curriculare este opțiunea pentru *curriculumul centrat pe competențe*. În principiu, o asemenea tendință promovează modelul procesual al învățării și își propune adaptarea învățării la modul în care cogniția receptează, preluează și utilizează informația. În acest fel, se consideră că învățarea devine mai simplă, se produce într-un timp mai scurt și cu o mai mare eficiență.

Conform abordărilor cercetătorilor Vl. Guțu, N. Silistraru, C. Platon, curriculum-ul universitar reprezintă un ansamblu de documente oficiale, care au menirea să stabilească și să reglementeze cadrul de referință unitar, la nivelul unei instituții de învățământ superior, referitor la competențele, conținuturile, activitățile de învățare, evaluare și cercetare în baza cărora se organizează procesul de predare-învățare-evaluare în universitate. Autonomia universitară oferă posibilitatea fiecărei instituții de învățământ superior dreptul și responsabilitatea de a elabora un curriculum adaptat strategiilor proprii în materie de programe de studii [73].

Organizarea și implementarea curriculum-ului universitar se realizează în conformitate cu statutul autonom al universităților, catedrele și fiecare profesor în parte are dreptul la propria viziune didactică. În acest sens, gestionarea proiectării și implementării curriculumului scris nu are caracter ierarhic, chiar în cadrul unei facultăți sau catedre. Or, proiectarea și implementarea unor curricula poate să nu coincidă cu proiectarea și implementarea altor curricula.

Analizând CNCRM (Standardul de calificare, 2018) cu referire la competențele profesionale generale, deducem sistemul de atitudini și valori:

- valorificarea abordării inter- și transdisciplinare;
- valorificarea gândirii critice și creative;
- utilizarea creativă a tehnologiilor educaționale moderne și specifice;
- manifestarea atitudinii responsabile față de disciplină și față de individualitatea subiecților;
- realizarea conexiunii inverse în procesul educațional;
- crearea unui parteneriat educațional eficient, demonstrând deschidere și implicare;
- soluționarea constructivă a conflictelor manifestând asertivitate și toleranță;
- luarea unor decizii de eficientizare a procesului educațional;
- conștientizarea dezvoltării profesionale continue, manifestând motivație și responsabilitate.

Referindu-ne la cele 5 competențe specifice propuse de noi, necesare formării specialistului chimist am dedus următoarele atitudini și valori (Tabelul 2.3):

Tabelul 2.3. Atitudini și valori ale studentului chimist

Competența	Atitudini și valori
Competența a de cercetare	✓ apreciere critică și curiozitate față de domeniile de cercetare; ✓ interes pentru dezvoltarea direcțiilor de cercetare; ✓ atitudine și respect pentru securitate și dezvoltare durabilă; ✓ aplicarea rezultatelor cercetării cu impact față de familie, societate și problemele mondiale.
Competențe de comunicare profesională	✓ atitudine pozitivă pentru dialog constructiv; ✓ aprecierea calităților/valorilor estetice și dorința de a le promova; ✓ interesul de a comunica (interacționa) cu alții; ✓ conștientizarea impactului limbajului asupra celorlalți; ✓ nevoia de a înțelege și de a utiliza limbajul chimic într-un mod științific și responsabil.
Competența digitală	✓ atitudine critică și reflexivă față de informația disponibilă; ✓ utilizarea responsabilă a surselor de informare și a mijloacelor interactive; ✓ interes pentru implicare în comunități și rețele sociale cu scopuri culturale, sociale și/sau profesionale.
Competența ecologică	✓ atitudine emoțională față de natură, ca dragoste față de natură; ✓ responsabilitate morală pentru starea mediului înconjurător; ✓ norme de comportament față de natură; ✓ posibilitatea și consecințele schimbării atitudinii față de natură; ✓ reflecția referitoare la locul și rolul omului în lumea biologică și fizică.
Competența de formare profesională continuă	✓ motivația și încrederea pentru învățarea pe parcursul vieții; ✓ atitudinea responsabilă centrată pe rezolvarea problemelor procesului propriu de învățare și capacitatea de a înlătura obstacolele și de a gestiona schimbarea; ✓ manifestarea dorinței în exploatarea și utilizarea experiențelor de învățare.

În pedagogie, modelul reprezintă un instrument important de cercetare științifică, permite și reprezintă modalitatea de cunoaștere a realității prin reprezentarea fenomenului/procesului studiat prin intermediul unui sistem construit artificial.

Cercetătorii I. Lupu, V. Cabac și S. Gîncu, menționează că modelarea pedagogică, implică creativitate și se realizează după schema din Figura 2.1 [74].

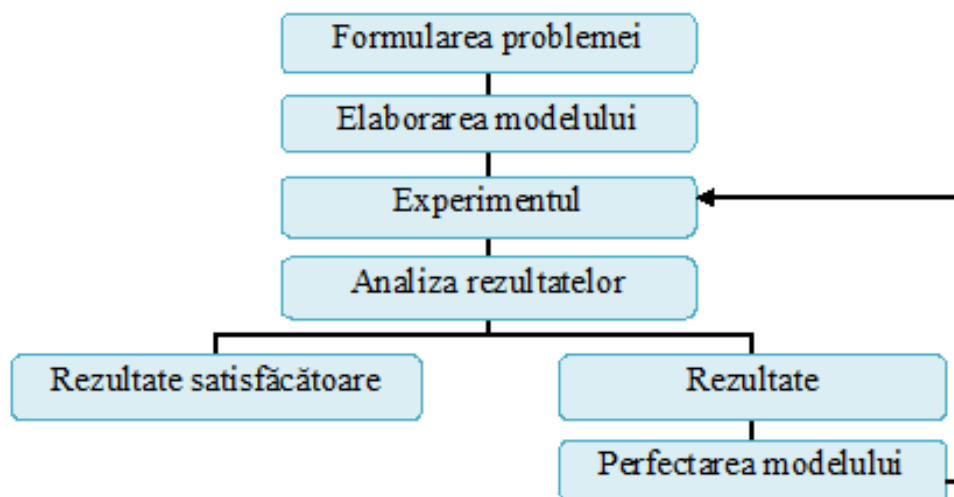


Fig. 2.1. Etapele modelării pedagogice

Cadrul didactic universitar trebuie să posede o conduită creativă fiind unul din factorii care asigură dezvoltarea potențialului creativ al studentului. Predarea, ca proces creativ, presupune ca profesorul să medieze între student și lumea ce-l înconjoară. Importantă în dezvoltarea creativității și a activismului în învățare este *stimularea efortului personal al studentului*, stimularea tendinței acestuia de a aduce o contribuție proprie, de a fi original, creativ, inventiv. Rolul important în crearea unui climat favorabil ce v-a contribui stimulării și dezvoltării unei învățări interactiv-creative este atitudinea profesorului față de creativitatea studentului și posibilitatea acestuia de a se orienta în situații complexe, implicându-se activ.

Inițierea oricărui studiu se bazează pe formularea scopului cercetării. *Scopul cercetării* constă în elaborarea, experimentarea și validarea fundamentelor teoretice și metodologice de formare/dezvoltare inițială a competențelor profesionale specifice disciplinei *Chimia pentru viață – cercetări integrate*. Acest scop a determinat alegerea componentelor structurale ale modelului de formare inițială a competențelor profesionale necesare studentului chimist. Pentru realizarea scopului propus s-au evidențiat următoarele *obiective*:

- 1) Identificarea condițiilor și factorilor de integrare a conținuturilor științifice la specialitățile Chimie, Chimie și biologie, Biologie și chimie în scopul eficientizării procesului de formare inițială a competențelor profesionale în context interdisciplinar;
- 2) Elaborarea *Modelului pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar*;
- 3) Proiectarea conținuturilor integrate interdisciplinare și elaborarea metodologiei de implementare a curriculum-ului interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate*;
- 4) Validarea prin experiment pedagogic a modelului și metodologiei elaborate în cadrul cursului interdisciplinar la liberă alegere *Chimia pentru viață – cercetări integrate*.

Autorul L. Franțuzan [75] la elaborarea Modelului pedagogic de formare a competenței de cunoaștere științifică în context inter/transdisciplinar se axează pe proiectarea reperelor metodologice ale etapelor de formare/evaluare a competenței școlare, prin proiectarea unui curriculum integrat din perspectivă inter/transdisciplinară pentru liceeni, profil umanist.

Cercetătorul I. Adaev [76] în Modelul de formare a competențelor profesionale a viitorilor profesori de chimie prin utilizarea tehnologiilor informaționale se referă la pregătirea teoretică și practică a viitorilor profesori de chimie prin intermediul tehnologiilor informaționale, adică integrarea conținuturilor de chimie cu competența digitală prin implementarea unui curs experimental la distanță *Bazele pregătirii profesionale a profesorului de chimie*.

În modelul elaborat de autorul T. Vascan [77], sunt descrise direcțiile principale ale formării competenței profesionale inițiale la informatică, care se caracterizează printr-o combinație de tehnologii de educație și formare profesională, asigurând formarea CPII a studenților informaticieni prin corelarea optimă a cursurilor de matematică și informatică.

Cu intenția valorificării scopului și obiectivelor propuse am analizat unele modele de formare a competențelor profesionale și am constatat că nici un autor nu se referă la formarea următoarelor competențe profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar:

- ✓ *Competența de investigare,*
- ✓ *Competența de comunicare profesională,*
- ✓ *Competența digitală,*
- ✓ *Competența ecologică,*
- ✓ *Competența de formare profesională continuă.*

În baza analizei literaturii de specialitate, a investigației conceptuale și metodologice a formării competenței profesionale, este elaborat *Modelul pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar* (Figura 2.2).

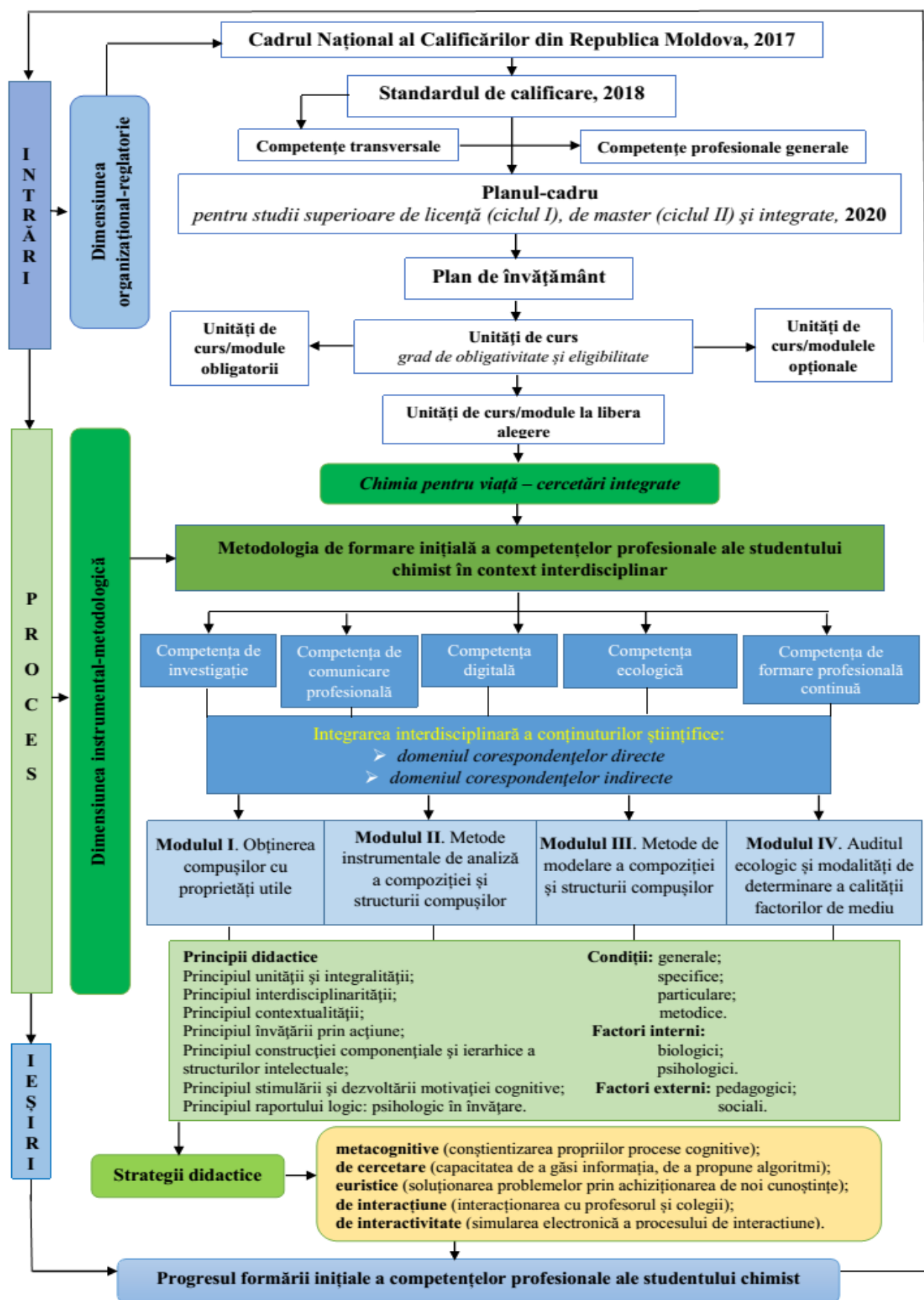


Fig. 2.2. Modelul pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar

Modelul are la bază două dimensiuni: *organizațional-reglatorie*, *instrumental-metodologică*.

Dimensiunea organizațional-reglatorie: se referă la documentele reglatorii ale sistemului universitar: Cadrul Național al Calificărilor (2017) [78]; Standarde de formare a specialistului (2018) [79]; Planul-cadru pentru studii superioare de licență (ciclul I), de master (ciclul II) și integrate, 2020 [80]; Planul de studii a învățământului superior și structurarea planurilor de învățământ pe componente: unități de curs (*grad de obligativitate și eligibilitate*) [35].

În contextul actual al dezvoltării învățământului superior și continuarea Procesului de la Bologna, Planul-cadru răspunde la provocările sociale, prin determinarea condițiilor elaborării planurilor de studii prin respectarea principiilor unui învățământ centrat pe student și accentuarea caracterului pragmatic al conținuturilor formative ale unităților de curs (disciplinelor) din planul de învățământ.

Planul-cadru de învățământ include disciplinele fundamentale și disciplinele de specializare, care se vor studia și treptele acestora în ierarhia anilor de învățământ; numărul de ore încadrate pe săptămână, an, pentru fiecare disciplină în parte; structura anului școlar: intervalul de timp dedicat procesului de învățare, a vacanțelor, examenelor [14].

Proiectarea curriculară, universitară, în această perioadă, este centrată pe obiectivele activității de învățare, care urmărește optimizarea raporturilor de corespondență pedagogică între elementele componente (obiective-conținuturi-metodologie-evaluare), între acțiunile de predare-învățare-evaluare, subordonate finalităților la nivel de sistem și de proces. Cercetările contemporane sunt preocupate de integrarea conținuturilor universitare în activitatea de învățare a studenților, ceea ce proiectează deschidere spre abordarea finalităților educaționale, conținuturilor și metodelor bazate pe strategiile de organizare a învățării.

Studenții au posibilitatea și oportunitatea de a-și alege și organiza traseul învățării, singuri sau îndrumați, prin selectarea disciplinelor și activităților educative care corespund capacităților și intereselor personale, ceea ce este esențial pentru dezvoltarea abilității de învățare pe tot parcursul vieții.

Integrarea conținuturilor universitare, în viziunea cercetătorului C. Cucoș ce țin de activitatea de învățare a studenților sunt importante atât prin degajarea unor experiențe de învățare, a unor momente privilegiate de absorbție a cadrului valoric recomandat și elucidarea aspectelor care solicită valorificare din perspectiva provocărilor societății, cât și prin stabilirea conținutului de predare-învățare, respectiv a valorilor cunoașterii, sensibilității, afectivității, voinței, credinței etc., valori indicate de cerințele generațiilor contemporane și următoare [53].

În contextul instruirii pe competențe, problematica evocată de principiile didactice poate fi combinată în mod armonios. Deși principiile didactice au rămas aceleași, de mult timp, în manualele universitare și școlare, este foarte evident că situația educațională actuală și dezvoltările teoretice ale psihologiei și științelor educației impun o viziune nouă asupra legitimității unui sistem axiomatic tradițional și a utilității unui referențial modernizat. Reieșind din acestea ne-am propus să descriem următoarele principii, care au fost incluse în modelul de formare.

Modelul pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar are la bază abordarea constructivistă și este elaborat în baza următoarelor principii:

- ***Principiul unității și integralității;***
- ***Principiul interdisciplinarității;***
- ***Principiul contextualității;***
- ***Principiul învățării prin acțiune;***
- ***Principiul stimulării și dezvoltării motivației cognitive;***
- ***Principiul construcției componentiale și ierarhice a structurilor intelectuale;***
- ***Principiul raportului dintre logic și psihologic în învățare.***

Principiul unității și integralității – exprimă cerința de a privi și realiza în integritatea sa:

- ✓ învățare-educare-formare/formare-dezvoltare (o abordare postmodernă);
- ✓ predare-învățare-evaluare;
- ✓ corelarea obiectivelor-conținuturilor-strategiilor didactice.

În practică acest principiu se realizează prin practicarea curriculară, având ca finalitate sistemul de competențe [69].

Acest principiu vizează abordarea integrată a conținuturilor programelor de specialitate: chimie, chimie și biologie, biologie și chimie, chimie și fizică etc., astfel încât studenții să-și formeze o imagine unitară asupra realității, la însușirea unei metodologii unitare de abordare a realității.

Principiul legăturilor interdisciplinare (interdisciplinarității) – realizarea interdisciplinarității în cadrul instruirii reprezintă o reflectare a proceselor integratoare, caracteristice sistemelor de învățământ la etapa actuală.

Interdisciplinaritatea este un principiu dar și o categorie pedagogică, prin intermediul căreia se fixează relațiile integratoare și sistematizatoare între obiecte, fenomene, procese care, la rândul lor, se reflectă în curricula școlară, dar și în strategiile didactice.

Interdisciplinaritatea asigură nu doar o nouă abordare curriculară a învățării, ci și o condiție de formare a competențelor transversale, promovate de noile paradigme educaționale.

Respectarea acestui principiu presupune:

- stabilirea relațiilor interdisciplinare la nivel de finalități;
- stabilirea relațiilor interdisciplinare la nivel de conținuturi (noțiuni, legi, legități, teorii etc.);
- stabilirea relațiilor interdisciplinare la nivel operațional (operații de gândire);
- stabilirea relațiilor interdisciplinare la nivel metodologic și organizațional: în raport cu strategiile didactice aplicate, cu formele de organizare a procesului de instruire.

Realizarea acestui principiu asigură totodată conexiunile interdisciplinare de tip: directe, inverse și reconstructive (unilaterale, bilaterale și multilaterale). Aceste conexiuni indică:

- 1) dacă sursa conexiunilor interdisciplinare în cadrul studierii unei teme (unui capitol) este două sau mai multe discipline școlare;
- 2) dacă se aplică informația interdisciplinară în cadrul studierii unei teme la disciplina de bază;
- 3) dacă subiectul studiat este sursa de informație pentru studierea altor teme, altor discipline școlare din planul de învățământ.

Valoarea acestui principiu pentru activitatea didactică rezidă în următoarele aspecte:

- concentrează atenția cadrelor didactice și a elevilor asupra aspectelor-cheie în cadrul studierii disciplinelor școlare;
- realizează activitatea în etape privind identificarea relațiilor interdisciplinare, dezvoltând creativitatea și independența elevilor în rezolvarea acestor sarcini;
- formează interesul cognitiv al elevilor prin intermediul disciplinelor în integralitatea lor;
- permite studierea unor probleme globale prin intermediul diferitelor discipline și științe;
- asigură formarea competențelor generale și transversale;
- facilitează transferul tehnologiilor didactice dintr-un context (studierea unei discipline) în altul (studierea altei discipline) [ibidem, 69].

Principiul contextualității – este unul din principiile pedagogiei postmoderniste și atunci când se analizează unele fenomene ce par universal valabile, cum ar fi stima de sine, afinitățile interpersonale și relațiile intime, raportul atitudine-comportament, cogniția și emoțiile, se insistă asupra diversității lor în funcție de contextul sociocultural.

Principiul învățării prin acțiune – acest principiu se referă la relațiile dintre elementele procesului educațional: raportul calitate și timp, motivația, învățarea reflexivă și altele, axându-se în mod constructiv pe ideea că *învățarea prin acțiune* este o sursă semnificativă de stimulare și creștere a eficienței procesului de instruire. Simplificat și pragmatic, acest principiu s-ar include în practicile educaționale prin predominarea dimensiunii acționale în învățare (fiind esențială în formarea competențelor), în raport cu cea cvasiațională sau de expectativă.

Principiul stimulării și dezvoltării motivației cognitive – pentru dezvoltarea acestui principiu, se face referire la raportul dintre motivația extrinsecă și motivația intrinsecă, centrarea pe rezultatele învățării, strategia învățării depline și elementele învățământului diferențiat. Ideea principală este *trecerea de la motivația extrinsecă la motivația intrinsecă în învățare*. Aceasta este completată însă, spre sfârșitul școlarității, de o învățare cu un pronunțat caracter pragmatic și social, care își are originea în auto susținerea traseului profesional al studentului. Ar fi de adăugat ideea că, într-un anumit număr de cazuri concrete, învățarea are și un cadru referențial (învățarea în sine, motivată de dorința de cunoaștere).

Principiul construcției componentiale și ierarhice a structurilor intelectuale – structurile intelectuale se formează într-un mod generativ și succesiv, urmând următoarele etape (de la cele elementare, la cele mai complexe):

- dimensiunea senzoriomotorie (care reprezintă punctul de plecare al oricărei învățări);
- învățarea prin observație;
- învățarea de concepte (și terminologia specifică corespunzătoare);
- învățarea unor reguli, principii;
- învățarea unor strategii;
- învățarea prin cercetare (învățarea creativă și procesul de descoperire).

Această structură este foarte interesantă deoarece ea reproduce atât etapele învățării psihogenetice (conform vectorului de vârstă), cât și al învățării unor sisteme și structuri care există în mod obiectiv și constituie centrul de interes la un moment dat.

Principiul raportului dintre logic și psihologic în învățare – acest principiu pornește de la o construcție teoretică elaborată de G. F. Kneller, care arată că, în prima parte a școlarității, învățarea trebuie să fie adecvată structurilor psihologice ale elevului (învățarea psihologică), iar în a doua parte trebuie să fie adaptată structurilor logice ale științei (învățarea logică). Cu alte cuvinte, învățarea trebuie să pornească de la disponibilitățile psihologice individuale, la o învățare conform logicii științei. Acest principiu are o deosebită valoare pragmatică în contextul elaborării unui curriculum vertical, dar și în cazul opțiunii pentru un anumit tip de instruire (de exemplu, pentru formarea competențelor). Este evident că aceste principii „noi” introduc elemente noi de referință, într-o măsură importantă mai apropiate de exigențele competențelor [81].

Praxiologia modernă a construit o teorie generală a acțiunii eficiente și ea poate fi aplicată și în teoria învățământului, astfel oferind posibilitatea stabilirii:

- *scopului* - elaborarea unor norme de eficiență, conștientizarea progresului în acțiune, descrierea elementelor acțiunii, organizarea lor în sisteme;

- *posibilității de acțiune eficientă* - condiții, etape, situații, variante, factori, relații, efecte, roluri ale agenților implicați, evenimente, rezultate, metode, mijloace, instrumente, organizare, comunicare, cooperare, management;
- *regulilor de acțiune eficientă* - activizarea educaților, pregătirea în variante strategice, elaborarea de proiecte și programe, integrarea acțiunilor în sistem, utilizarea sistemului informațional, motivarea participării în acțiune ș.a.

Ca condiții ce trebuie create pentru un proces de învățământ eficient pot fi următoarele:

✓ *condiții generale*

- organizarea și consolidarea colectivului de educabili;
- activizarea procesului de formare a conștiinței de sine și a autoaprecierii;
- crearea unui spațiu de educație deschis.

✓ *condiții particulare*

- instituirea mediului pedagogic de înțelegere reciprocă dintre profesor și student.

✓ *condiții specifice*

- aplicarea eficientă a metodelor, mijloacelor, procedeeleor;
- sprijinul pe principiile de variabilitate socio-cultural-istorică;
- asigurarea interacțiunii eficiente dintre mediul extern și intern ca condiții de formare a orientărilor profesionale.

✓ *condiții metodice.*

Procesul educațional reprezintă o activitate cu caracter psihologic și pedagogic, desfășurată în cadrul instituționalizat, condusă și evaluată în direct sau indirect de educator. Este un proces coordonat din exterior, conștient, cu obiective clare pe termen scurt și pe termen lung, având un caracter formativ și informativ, care depinde de motivație și are resurse, conținut, modalități de organizare specifice, necesită timp, respectă anumite norme psihopedagogice, utilizează criterii de evaluare și posibilități de feedback.

Învățarea ca proces, presupune însușirea cunoștințelor declarative (a ști că) și a cunoștințelor procedurale (a ști cum, a ști să facă). Factorii de care depinde învățarea pot fi împărțiți în două categorii: factori interni și factori externi.

Factorii interni sunt:

- *biologici* – care caracterizează vârsta, sexul, starea de sănătate, dezvoltarea capacităților neuro-dinamice ale învățării, somnul și bioritmul intelectual etc.
- *psihologici* – includ procesele cognitive, afective, volitive, dezvoltarea atenției și a capacității de comunicare, motivația și intensitatea ei, prezența sau absența unor capacități și aptitudini,

voința, stilul de învățare, interesele de cunoaștere și cele profesionale, nivelul de cultură generală și de specialitate etc.

Factorii externi sunt:

- *pedagogici sau socio-organizaționali* – se referă la structurarea sistemului de cerințe și organizarea informației, aspectele proceselor de comunicare-codificare a mesajului didactic, caracteristicile clasei, calitatea formării anterioare și gradul de deținere a cunoștințelor conform programei, la nivelul clasei cu care se lucrează, competențele reale ale profesorului, factorii săi de personalitate, angajarea sa în activitatea cu elevii, aspectele legate de logica didactică, igiena clasei și a școlii, atmosfera din școală, de colaborarea dintre profesorii clasei, elemente de ergonomie școlară și de timp
- *sociali, culturali* – cum ar fi cei familiali, mediul cultural din care provin părinții, aspecte ale comunității locale, cartierul din care provin elevii, regimul alimentar, viața culturală a familiei.

În cadrul diferitor niveluri de educație, majoritatea disciplinelor contribuie la formarea și dezvoltarea în plan personal, social și profesional a studenților și la dobândirea abilităților și deprinderilor necesare succesului și reușitei personale. Atunci, când se conștientizează transferul de abilități și de cunoștințe în activitatea de învățare și în viața reală, crește motivația și interesul educabililor pentru învățare.

Dimensiunea instrumental-metodologică: se referă la proiectarea și implementarea curriculum-ului interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate*. Finalitatea Modelului reprezintă progresul formării competenței profesionale a studenților chimiști. În viziunea profesorului Valeriu Cabac, *axarea programelor de formare pe finalități de studiu* reprezintă un concept nou, o formă nouă de proiectare a procesului didactic, bazat pe două direcții centrale: 1) plasarea studentului în centrul procesului de formare, și 2) face posibilă explicarea extinderii conceptului de competență în domeniul educației [82].

Scopul curriculumului integrat vizează formarea competențelor profesionale ale studenților chimiști prin achiziționarea competențelor specifice, formarea unei viziuni integrale asupra naturii, dezvoltarea capacităților de analiză și gândirea integrată, și a abilităților de exprimare personală în dezbaterile de idei, cultivarea unei atitudini tolerante față de mediul ambiant. Curriculumul a fost conceput ca unul la libera alegere, de extindere și de aprofundare a cunoștințelor și a activităților integrate de formare-evaluare, proiectate în cadrul cursurilor disciplinare: chimie, biologie și chimie, chimie și biologie, chimie și fizică. De asemenea curriculumul vizat are în vedere dezvoltarea competențelor necesare formării profesionale: *Competența de investigare, Competența de comunicare profesională, Competența digitală, Competența ecologică, Competența de formare profesională continuă*, care sunt foarte necesare

în contextul inserției sociale dar și în perspectiva pregătirii studenților chimiști pentru configurarea și dezvoltarea propriului proiect de carieră.

Curriculum este structurat în patru unități de învățare: *Obținerea compușilor cu proprietăți utile; Metode instrumentale de analiză a compoziției și structurii compușilor; Metode de modelare a compoziției și structurii compușilor, Auditul ecologic și modalități de determinare a calității factorilor de mediu* (utilizarea senzorilor).

În rezultatul implementării curriculumului integrat vom avea o creștere progresivă a competenței profesionale a studenților chimiști, prin:

- Sinteza noilor compuși cu proprietăți de stimulare a proceselor fiziologice,
- Utilizarea diferitor metode instrumentale de analiză a compoziției și structurii compușilor, metode biologice,
- Modelarea chimică a moleculelor și fenomenelor,
- Studiul calității unor factori ai mediului ambiant.

Reperete metodologice de formare inițială a competențelor profesionale ale studenților chimiști în context interdisciplinar sunt bazate pe metodologia didactică modernă, constructivistă, care îi ghidează în implicarea activă și conștientă în procesul propriei instruiți prin stimularea creativității și a învățării prin colaborare. Concepția fundamentală a metodologiei se bazează pe dezvoltarea competențelor profesionale în baza instruiți prin cercetare. Exersarea activităților experimentale permite formarea unor algoritmi acționali, care sunt utili pentru rezolvarea diferitor probleme din domeniul profesional aplicând metode de cercetare integrate din domeniile înrudite. Această metodologie permite studiul multilateral al compușilor chimici/fenomenelor/proceselor și determinarea domeniilor de aplicare utilă. Finalitatea exprimată prin utilitatea aplicării cunoștințelor acumulate contribuie la motivarea pentru o instruire eficientă.

Ideia esențială a concepției vehiculate prin intermediul *Modelului pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar*, este dezvoltarea unei metodologii eficiente de formare inițială a competențelor profesionale necesare studenților chimiști în context interdisciplinar.

2.2. Integrarea conținuturilor în formarea competențelor specifice ale studentului chimist

Predarea Chimiei ar fi de imposibilă la etapa actuală fără aplicarea cunoștințelor din domeniile conexe, cum ar fi biologie, fizică, matematică, fiindcă au multe tangențe. Deoarece materia este compusă din substanțe, științele ca biologia, fizica sau geologia studiază compuși chimici sau unele fenomene și procese condiționate de proprietățile lor. Chimia, la rândul ei,

utilizează pe larg acele cunoștințe acumulate de științele limitrofe pentru a explica mai convingător compoziția și structura substanțelor, precum și natura fenomenelor și proceselor chimice.

**Tabelul 2.4. Conținutul cursurilor cu caracter interdisciplinar în cadrul specialităților
Facultății Biologie și chimie a UST**

Specialitatea	Discipline (total), nr.	Discipline cu caracter interdisciplinar, nr.	Conținutul cursurilor cu caracter interdisciplinar, %
Biologie și chimie (zi)	87	7	8,05
Chimie și biologie (zi)	78	8	10,3
Chimie și fizică (zi)	85	7	8,24
Biologie (zi)	56	5	8,93
Ecologie (zi)	55	7	12,73
Chimie (zi)	61	7	11,48
Biologie (FR)	70	8	11,43
Chimie (FR)	65	7	10,77

Astfel, nivelul eficienței instruirii în cadrul disciplinei Chimia poate fi sporit pe calea aplicării studiilor interdisciplinare. Analizând programele de studiu al specialităților propuse în cadrul Facultății de Biologie și chimie al UST s-a constatat, că și la etapa universitară de predare-învățare se folosesc cursuri cu caracter interdisciplinar, apărute la interpătrunderea chimiei cu alte discipline (Tabelul 2.4, Figura 2.3) [35].

În dependență de specialitate, în cadrul planurilor de studii se regăsesc următoarele discipline cu caracter interdisciplinar: Chimie biologică, Chimie fizică, Hidrochimie, Histoembriologie, Agrobiologie, Ecologie, Biogeografie, Cristalochimie, Radiochimie, Chimie ecologică, Hidrobiologie, Astrofizică, Agrochimie, Ecofiziologie vegetală, Ecogeografie, Psihofiziologie etc.

Reieșind din rezultatele expuse (Tabelul 2.4, Figura 2.3) putem constata că practic în cadrul tuturor specialităților facultății Biologie și chimie a UST gradul de implementare a cursurilor cu caracter interdisciplinar este în limitele 8,05-12,73%.

Cel mai înalt grad de interdisciplinaritate (12,73%) s-a atestat la specialitatea Ecologie (zi), deoarece studierea ecologiei conduce la formarea unei educații, conștiințe ecologice care se bazează pe dezvoltarea competențelor specifice și a conținuturilor într-o viziune inter/transdisciplinară și accesibilă studenților, unde are loc trecerea de la cunoștințele sistemice-fundamentale la cunoștințele funcționale, rezolvarea diferitor situații-problemă și aplicarea competențelor specifice (formate în cadrul altor discipline) de investigare și soluționare a

problemelor referitoare la mediu, pe integrarea interdisciplinară, care la rândul ei antrenează toate componentele procesului instructiv-educativ (competențe, conținuturi, activități de învățare) și utilizează capacitatea unică a cunoașterii științifice comune în formarea profesională inițială a studentului.

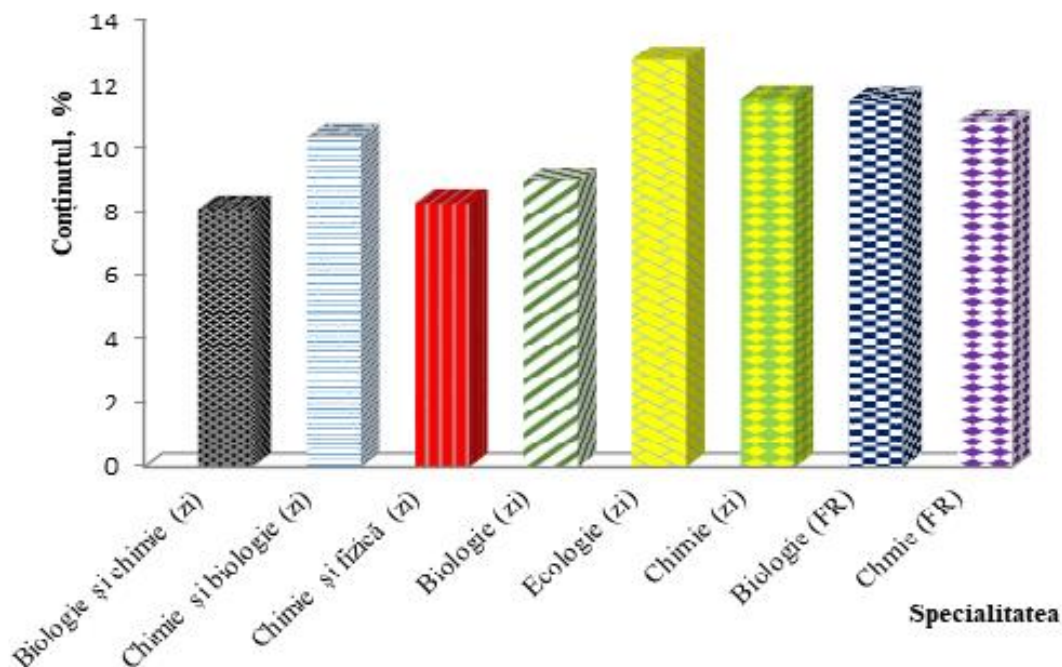


Fig. 2.3. Conținutul cursurilor cu caracter interdisciplinar

Pe segmentul Chimie la facultatea Biologie și chimie a UST la ciclul I sunt două domenii de formare: Științe exacte – pentru studenții cu frecvența la zi și Științe ale educației – cu frecvența la zi și frecvență redusă. Dar atât într-un caz, cât și în altul conținutul cursurilor cu caracter interdisciplinar este în jur de 11%. Conexiunile interdisciplinare în cadrul specialităților de la aceste două domenii se realizează la cursurile: Hidrochimie, Cristalochimie, Chimie fizică, Chimie biologică, Radiochimie, Chimie ecologică etc. Tematica tezelor de licență la aceste specialități de asemenea poartă un caracter interdisciplinar.

O problemă fundamentală a instruirii la nivel universitar în domeniul științelor exacte și ale naturii este abordarea insuficientă interdisciplinară, a fenomenelor din domeniul biologie-chimie-fizică. Cu toate că legitățile din cadrul acestor discipline stau la baza majorității proceselor ce țin de activitatea umană sau din alte domenii (procese fiziologice, schimbul de substanțe, circuitul materiei în natură, transformarea energiei dintr-o formă în alta, relațiile în cadrul lanțurilor trofice etc.), cu regret predarea lor fragmentată, fără multe tangențe cu viața reală face din aceste specialități (mai ales chimie și fizică) niște domenii mai puțin cunoscute.

Dezvoltarea capacității de a caracteriza multilateral un fenomen sau proces din natură se formează în cadrul instruirii interdisciplinare. Doar în acest context se poate explica integral un fenomen și domeniile de utilizare practică a cunoștințelor teoretice.

În prezent, în cercetare se evidențiază clar tendința promovării proiectelor cu caracter integrat, cu determinarea efectelor asupra mediului, calcularea rentabilității noilor tehnologii în comparație cu analogii existenți etc. În cadrul studiului integrat sporește volumul informațional al noțiunilor, teoriilor și se formează tabloul științific unitar al lumii, care posedă integritate dialectică. Anume în zonele de intersectare a diferitor ramuri ale științei apar premise pentru studiul unor fenomene complexe [83]. Argumente în favoarea acestor idei pot servi abordările științifice care urmează.

Obținerea noilor compuși cu proprietăți utile prezintă o direcție contemporană importantă în Chimie și Știința materialelor. Sinteza chimică a unor molecule care prezintă modele ale compușilor cu importanță vitală permite dirijarea unor procese necesare pentru agricultură, medicină, industrie etc.

Ultimele decenii se caracterizează prin dezvoltarea rapidă a sintezei și studiului complexilor în baza liganzilor piridin-*n*-aldoximici ($n = 2, 3, 4$) [84].

Interes deosebit prezintă obținerea noilor materiale cu proprietăți utile: magneți moleculari [85], materiale fotoluminiscente [86], catalizatori de scindare a esterilor acizilor carboxilici [87], stimulatori ai proceselor biologice [88].

Sunt cunoscuți compuși coordinativi cu piridin-*n*-aldoximele atât homo-, cât și heterometalici [89].

Unii autori au studiat anterior unii complecși discreți și polimeri de coordonare ai zincului, cadmiului, manganului(II) și cuprului(II) în baza piridin-4-aldoximei și piridin-2-aldoximei [90].

Avantajul piridin-2-aldoximei (paoH), comparativ cu ceilalți doi izomeri poziționali este abilitatea de a forma metalo-chelați stabili prin coordonarea simultană la atomul metalului a unui atom de azot din ciclul piridinic, cât și a atomului de azot/oxigen a grupei oximă. În literatura de specialitate sunt descrise combinații complexe *mono*- [91], *bis*- [92] și *tris*-oximice [93] în baza piridin-2-aldoximei și clusteri polinucleari homo- și heterometalice [94] cu proprietăți magnetice, datorită posibilității ligandului-punte de coordonare cu cationii metalului.

Posibilitatea realizării diferitelor tipuri de coordonare a ligandului, capacitatea diferită de coordonare a metalelor de tranziție, condițiile de sinteză, precum și introducerea în mediul de reacție a altor complexoni, poate conduce la o diversitate structurală a complexilor obținuți. Împreună cu posibilitatea ligandului-punte paoH de coordonare, sunt cunoscute exemple de

compuși în care anionii anorganici prezintă proprietăți de ligand-punte pentru obținerea compuşilor di- și polinucleari.

Deși compușii coordinativi în baza dioximelor sunt bine studiați, careva informație despre compușii zincului și cadmiului este limitată în literatura de specialitate [95], în ciuda faptului, că pe baza lor pot fi sintetizate o varietate de compuși cu diferită compoziție și structură moleculară. Pentru aceste metale au fost studiați complexii mononucleari obținuți în prezența anionilor organici și anorganici [96].

Compușii trinucleari heterometalici cu dioxime ai zincului prezintă interes pentru obținerea magneților monomoleculari [97], în baza complexilor $\text{Cr}^{\text{III}}\text{Zn}^{\text{II}}\text{Cr}^{\text{III}}$ și $\text{Mn}^{\text{IV}}\text{Zn}^{\text{II}}\text{Mn}^{\text{IV}}$, care conțin anioni-oximat ca liganzi-punte.

Diversitatea structurală a 1,2-ciclohexandioximinelor/1,2-ciclohexandioximaților de zinc și cadmiu este reprezentată de compuși mono- și binucleari, cât și polimeri coordinativi, în care în calitate de liganzi-punte intervin cei agenți de coordonare dipiridinici și dicarboxilici [98].

Pentru unii dintre acești compuși s-a determinat legătura dintre natura anionului sării inițiale și arhitectura compuşilor coordinativi obținuți. Dioximații pot fi utilizați în procesul de producere electrocatalitică a hidrogenului [99].

S-a obținut un număr de *tris*-dioximați clatrochelatici ca potențiale medicamente pentru tratamentul cancerului. Reacțiile de auto-asamblare a clatrochelaților, precum și interacțiunea acestora cu acizii nucleici pot fi folosite în imunologie și biologie moleculară [100].

Din punctul de vedere al aplicabilității practice al compuşilor coordinativi în baza liganzilor oximici, în prezent se reliefează clar mai multe direcții în care reprezentanții acestei clase pot fi utilizați cu succes: elaborarea modelelor artificiale ale unor molecule biologice cu importanță vitală; elaborarea biotehnologiilor eficiente pentru obținerea preparatelor enzimactice utilizate în diferite ramuri ale industriei alimentare și farmaceutice; obținerea unor compuși cu proprietăți utile pentru medicină; sinteza materialelor cu proprietăți fizice valoroase etc.

Biotehnologia modernă acordă o atenție deosebită sintezei orientate a substanțelor bioactive de către microorganisme, deoarece ele sunt recunoscute ca surse economic avantajoase de obținere a unei game largi de substanțe bioactive importante. Compușii coordinativi posedă capacitatea de a influența benefic procesele enzimogenetice datorită prezenței în moleculele lor a microelementelor (Co, Zn, Mo etc.) legate cu agenți de coordonare de natură organică, care formează sisteme ce posedă proprietăți deosebite de cele ale substanțelor inițiale [101].

Compușii coordinativi care conțin cobalt pot servi în calitate de stimulatori biosintezei vitaminei B₁₂ de către alga *Spirulina platensis* [102].

Aceste studii au creat premise pentru inițierea sintezelor în vederea elaborării analogilor sintetici ai sistemelor naturale, modelării moleculelor biologice și analizei influenței lor asupra proceselor care decurg în celulă. Alte elemente sunt la fel de necesare pentru organisme.

Rezultatele obținute în baza testării influenței dioximaților Co(III) asupra proceselor fiziologice ale unor tulpini de micromicete permit formularea concluziei că din seria complexilor analizați pot fi selectați: biostimulatori ai proceselor enzimogenetice ale fungilor, catalizatori ai proceselor de acumulare a biomasei, stabilizatori ai proceselor biochimice cu importanță vitală în condiții nefavorabile, acceleratori ai dezvoltării biologice a microorganismelor, reducând ciclul tehnologic cu 24-48 ore, adică până la ~30 % din durata întregului ciclu, fapt ce prezintă interes din punct de vedere economic etc.

S-a hotărât de a verifica influența dioximaților cobaltului(III) asupra proceselor fiziologice la unele alge. S-a stabilit, că unii compuși coordinativi din această serie manifestă effect stimulator asupra proceselor biosintetice la alga roșie *Porphyridium cruentum*: acumularea produselor oxidării lipidelor în biomasă, urmată de intensificarea biosintezei lipidelor, determină capacitatea celulelor de a-și menține viabilitatea [103].

Utilizarea unor compuși coordinativi ai metalelor tranziționale pentru tratarea semințelor unor plante superoare (sfecla de zahăr) au rezultat cu majorarea conținutului de pigmenți asimilatori, a recoltei și producției totale de zahăr la unitate de suprafață, s-a înregistrat sporul recoltei de rizocarpi cu 11,5% comparativ cu martorul și 6,1% comparativ cu sporul recoltei asigurat de tratarea cu cea mai apropiată soluție tehnică [104].

Deoarece dioximații Zn(II) și Cd(II) sunt puțin studiați, dar dioximele clasice ca liganzi bidentați sunt obiecte convenabile pentru a forma chelați stabili, sa decis să se efectueze o serie de sinteze pentru prepararea compușilor complecși pe baza acestor liganzi.

Aceste argumente științifice, susțin eficiența abordărilor conținuturilor interdisciplinare în pregătirea specialiștilor chimiști.

Conform practicilor naționale și internaționale, finalitățile formării profesionale inițiale se axează pe formarea specialiștilor competenți și competitivi în scopul inserției sociale eficiente. Prin urmare, formarea profesională inițială trebuie direcționată spre formarea competenței profesionale prin conținuturi integrate interdisciplinar.

Astfel, pe plan mondial există tendința în formarea specialiștilor de înaltă calificare cu potențial de angajare în mai multe domenii adiacente. În acest context, metodologia de formare a competenței profesionale inițiale a studentului chimist, pentru ași demonstra eficiența, trebuie să se axeze pe corelarea interdisciplinară a conținuturilor cursurilor de chimie, biologie, fizică etc

Conform abordărilor cercetătorilor N. Basarab, L. Ciolan, A. Popovici Borzea [42] prin integrare se înțelege interrelaționarea diverselor componente pentru a construi un tot întreg, la un nivel superior; integrarea părților componente conduce la un produs/rezultat, care depășește suma acestor părți și rezultatul procesului prin care un element nou devine parte componentă a unui sistem deja existent.

Abordarea interdisciplinară este nivelul cel mai relevant de integrare pentru formarea competenței profesionale a specialiștilor chimiști. Prin intermediul interdisciplinarității pot fi rezolvate un șir de probleme legate de formarea, dezvoltarea și educația studenților și, de asemenea, poate fi pusă baza unei abordări integrate de rezolvare a problemelor complexe ale realității.

O problemă fundamentală a instruirii la nivel universitar în domeniul științelor exacte este abordarea insuficientă interdisciplinară, a fenomenelor din domeniul biologie-chimie-fizică. Cu toate că legitățile din cadrul acestor discipline stau la baza majorității proceselor ce țin de activitatea umană sau din alte domenii (procese fiziologice, schimbul de substanțe, circuitul materiei în natură, transformarea energiei dintr-o formă în alta, relațiile în cadrul lanțurilor trofice etc.), cu regret predarea lor fragmentată, fără multe tangențe cu viața reală face din aceste specialități (mai ales chimie și fizică) niște domenii mai puțin cunoscute.

Argumente științifice în acest sens sunt prezentate în conținuturile din programele de formare inițială: *calculele cuanto-chimice, compușii coordinativi etc.*. Prin urmare, formarea profesională inițială trebuie orientată spre formarea competenței profesionale prin conținuturi integrate interdisciplinar.

Curriculum-ul universitar reprezintă un ansamblu de documente oficiale, care au menirea să stabilească și să reglementeze cadrul de referință unitar, la nivelul unei instituții de învățământ superior, referitor la competențele, conținuturile, activitățile de învățare, evaluare și cercetare în baza cărora este organizat procesul de predare-învățare-evaluare în universitate. Autonomia universitară oferă posibilitatea fiecărei instituții de învățământ superior dreptul și responsabilitatea de a elabora un curriculum adaptat strategiilor proprii în materie de programe de studii [73].

Conform Planului de studii în învățământului superior [35], planurile de învățământ sunt structurate pe două componente: *obligatorie* și *opțională*.

Un curriculum opțional reprezintă documentul normativ principal și instrumental didactic ce descrie condițiile învățării și performanțele de atins la disciplinele opționale exprimate în competențe, unități de competență, conținuturi și activități de învățare și evaluare [105, p. 4].

Curriculum opțional conform aspectului conținutal poate fi: de aprofundare, de extindere, de inovare, de integrare. Curriculum opțional integrat vizează introducerea unei discipline noi de

studiu, structurată în jurul unei teme integratoare fie pentru o arie curriculară, fie pentru mai multe arii curriculare, care ar dezvolta noi competențe și noi conținuturi. [ibidem, p.13].

Axându-ne pe ideea că un învățământ de calitate, ar avea ca scop formarea unei gândiri sistemice, integrative, a unei viziuni holiste asupra vieții la viitorii specialiști, pledăm pentru un curriculum opțional integrat, numit interdisciplinar.

Curriculumul interdisciplinar presupune o organizare ce trece prin unele disciplinele pentru a se concentra comprehensiv pe problemele vieții sau pe arii de studiu mai largi, care aduc împreună segmente variate din curriculum pentru a realiza asocieri semnificative.

Integrarea disciplinară poate fi realizată după două domenii: *domeniul corespondențelor directe* și *domeniul corespondențelor indirecte*.

Domeniul corespondențelor directe se axează pe corespondența dintre structura didactică a obiectului de predare și structura logică a științei pe care o reflectă, adică, obiectul de învățământ reflectă hotarele și conceptele științei pe care o reprezintă.

Domeniul corespondențelor indirecte se referă la ansamblurile de structuri cognitive din diferite științe, ce conduc la un nou conținut a cărei configurație nu mai poate fi recunoscută în fiecare din științele ce au constituit premise de plecare [106].

Dacă sinteza se realizează în planul unor variate discipline, dar din aceeași ramură (științele naturii, științe sociale) este ilustrată ***aria disciplinelor omogene***, iar în cazul, când sinteza se face în sfera unor discipline din grupuri diferite atunci este reprezentată ***aria disciplinelor eterogene***. Domeniul corespondențelor indirecte este axat pe un constructivism pedagogic mai accentuat, am putea spune că reprezintă o formă mai puternică a interdisciplinarității în educație.

În contextul abordărilor privind formarea profesională inițială a studentului chimist în vederea raționalizării și eficientizării procesului de predare-învățare-evaluare, propunem elaborarea curriculum-ului interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate*.

Scopul curriculumului interdisciplinar vizează formarea competenței profesionale a studenților chimiști prin achiziționarea competențelor specifice, formarea unei viziuni integrale asupra naturii, dezvoltarea capacităților de analiză și gândirea integrată, și a abilităților de exprimare personală în dezbaterile de idei, cultivarea unei atitudini tolerante față de mediul ambiant.

Curriculumul a fost conceput ca unul *”la liberă alegere”*, de extindere și de aprofundare a cunoștințelor și a activităților integrate de formare-evaluare, proiectate în cadrul specialităților: Chimie, Chimie și biologie, Biologie și chimie. De asemenea, curriculum-ul vizat are în vedere dezvoltarea competențelor necesare formării profesionale: *Competența de investigație*, *Competența de comunicare profesională*, *Competența digitală*, *Competența ecologică*,

Competența de formare profesională continuă, care sunt foarte necesare în contextul inserției sociale, dar și în perspectiva pregătirii studenților chimiști pentru configurarea și dezvoltarea propriului proiect de carieră.

Proiectarea conținuturilor integrate a fost realizată în baza analizei cursurilor studiate de studenții de la specialitățile Chimie (învățământ cu frecvență la zi), Chimie și Biologie (învățământ cu frecvență la zi), Biologie și Chimie (învățământ cu frecvență la zi), Chimie (învățământ cu frecvență redusă), facultatea Biologie și chimie, UST [37].

Prezentăm în continuare *Ponderea cursurilor pentru formarea profesională a studenților chimiști* în cadrul specialităților (Tabelul 2.5).

Tabelul 2.5. Ponderea cursurilor pentru formarea profesională

Specialitatea	Secția	Denumirea cursurilor	Semestrul	Nr., ore prelegeri/laborator
Chimie	F	Sinteza chimică	VI	27/47
		Metode fizico-chimice de analiză	III	15/30
		Tehnologii informaționale în chimie	II	15/30
		Modelare computațională la chimie	VIII	30/15/30
		Chimia ecologică	IV	45/30
Chimie și biologie	F	Sinteza chimică	VI	24/60
		Metode fizico-chimice de analiză	III	15/45
		Tehnologii informaționale în chimie	IV	15/45
		Modelare computațională la chimie	VII	27/9/27
		Chimia ecologică	VI	45/30
Biologie și chimie	F	Sinteza chimică	VI	36/72
		Metode fizico-chimice de analiză	VIII	26/39
		Tehnologii informaționale în chimie	-	-
		Modelare computațională la chimie	-	-
		Chimia ecologică	-	-
Chimie	FR	Sinteza chimică	-	-
		Metode fizico-chimice de analiză	I	8/20
		Tehnologii informaționale în chimie	II	8/16
		Modelare computațională la chimie	VII	10/20
		Chimia ecologică	VI	20/20

Conținuturile curriculumului interdisciplinar sunt organizate în baza evoluției progresive a cunoașterii și sunt structurate în cadrul a patru module: sinteza compușilor cu proprietăți utile pentru agricultură și industrie → studiul compoziției noilor compuși, a structurii moleculare, precum și a proprietăților chimice, fizice, biologice etc. → modelarea la calculator a moleculelor și proceselor chimice pentru a prognoza probabilitatea decurgerii unor procese → analiza calității factorilor mediului ambiant pentru a monitoriza impactul unor compuși chimici.

Astfel, concepția disciplinei la libera alegere se bazează pe ideea dezvoltării logice de la obținerea și studiul compușilor chimici până la protecția mediului ambiant de poluanți.

În conformitate cu ideile abordate, privind sistemul de competențe ale studentului chimist competențele necesare disciplinei cu caracter interdisciplinar sunt:

- *Competența de cercetare;*
- *Competența de comunicare profesională;*
- *Competența digitală;*
- *Competența ecologică;*
- *Competența de formare profesională continuă.*

Implicarea fiecărui curs se regăsește nu prin ceea ce are specific, dar prin ceea ce are comun cu alte programe de studiu, ceea ce este generalizabil și transferabil. Concluzionând, putem afirma că organizarea informației într-un sistem integrat va demonstra eficiență formativă în formarea competenței profesionale a studenților chimiști.

2.3. Metodologia implementării modelului elaborat din perspectiva formării competențelor specifice ale studentului chimist

Considerăm procesul de predare-învățare-evaluare interdisciplinară la chimie ca o condiție importantă pentru realizarea unui învățământ modern, formativ. Corelarea cunoștințelor de la diferite discipline de învățământ vor contribui substanțial la formarea studenților chimiști, prin dezvoltarea unei gândiri flexibile, a capacității lor de aplicare a cunoștințelor teoretice în practică; corelarea cunoștințelor fixează și sistematizează mai bine capacitățile și abilitățile, deoarece o disciplină o ajută pe cealaltă să fie mai bine înțeleasă.

Relațiile interdisciplinare folosite în procesul de învățământ vor influența pozitiv studenții prin dezvoltarea abilităților de gândire ale acestora. Studenții chimiști implicați în activități de învățare cu caracter interdisciplinar vor percepe conținutul mult mai interesant și mai captivant în cazurile când profesorul va prezenta exemple din viața reală.

În comparație cu învățământul superior tradițional, care este axat pe cunoașterea specifică a domeniului și dezvoltarea competențelor generale, acest tip de învățământ superior urmărește

dezvoltarea abilităților de trecere a frontierelor disciplinare, care constau în capacitatea de a schimba perspective, de a sintetiza cunoștințe din diferite discipline și de a face față complexității.

Aceste argumente științifice, susțin eficiența abordărilor conținuturilor interdisciplinare în pregătirea specialiștilor chimiști.

Prin intermediul interdisciplinarității pot fi rezolvate un șir de probleme legate de formarea, dezvoltarea și educația studenților și, de asemenea, poate fi pusă baza unei abordări integrate de rezolvare a problemelor complexe ale realității.

Anume în acest context, legăturile interdisciplinare reprezintă o condiție importantă și rezultatul unei abordări complexe în formarea și educarea studenților.

Astfel, Curriculum-ul interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate* (Anexa 1) este proiectat în baza a patru unități de învățare și anume:

1. *Obținerea compușilor cu proprietăți utile* – vizează sinteza chimică a noilor compuși coordinativi – studiul compoziției în baza metodelor fizice de analiză – calcule privind energetica sistemelor chimice asamblate – utilizarea în calitate de stimulatori ai proceselor biosintetice. Acest modul v-a conduce la formarea *Competenței de cercetare* prin faptul că studentul inițial v-a propune un algoritm de sinteză a compusului coordinativ prin elaborarea mecanismelor de utilizare a diferitor liganzi, a diferitor metale cu activitate biologică, a condițiilor de sinteză etc.
2. *Metode instrumentale de analiză a compoziției și structurii compușilor. Metode biologice. Testare biologică* – vizează studiul unor metode instrumentale contemporane de descifrare a compoziției și structurii compușilor chimici, unele metode biologice cât și testarea biologică. În rezultat se v-a forma *Competența de cercetare* prin faptul că studentul v-a fi capabil să determine dacă compusul obținut corespunde compoziției și structurii anterior stabilite prin utilizarea diferitor metode fizice de analiză contemporane de determinare a compoziției și structurii compușilor chimici cât și utilizarea diferitor metode biologice de testare a compușilor sintetizați pe medii biologice referitor la stimularea unor procese biologice.
3. *Metode de modelare a compoziției și structurii compușilor* – vizează studiul unor molecule anorganice, organice/fenomene chimice – modelarea computațională – analiza celor mai stabile modele – concluzii referitor la structura moleculară/desfășurarea procesului – prelucrarea rezultatelor la calculator – analiza datelor și formularea concluziilor. În cadrul acestui modul se v-a forma *Competența digitală* (specifică) domeniului chimie prin faptul că studentul chimist prin utilizarea diferitor aplicații, soft-uri digitale v-a fi capabil să modeleze sisteme moleculare, anumite fenomene chimice, procese ce decurg între sistemele moleculare, direcția decurgerii unui sau altui proces, determinarea stabilității sistemelor cercetate etc.

4. *Auditul ecologic și modalități de determinare a calității factorilor de mediu* – vizează analiza calității factorilor de mediu prin utilizarea senzorilor. În rezultatul studierii acestui modul se va forma *Competența ecologică*, unde studenții chimiști vor obține abilități de determinare a calității unor factori de mediu prin integrarea competenței digitale cu utilizarea senzorilor (aplicație digitală conectată la calculator).

Republica Moldova a elaborat ***Concepția Strategiei Naționale pentru Dezvoltare Durabilă***, declarând ca principii de bază – *ecologizarea cunoștințelor, remodelarea mentalității, reorganizarea sistemului educațional, etico-moral spre noi valori intelectuale și spirituale*. Actualmente, se poate afirma cu toată certitudinea că procesul de învățământ este ecologizat și constituie un factor prioritar în cercetările științifico-pedagogice. Instruirea ecologică este un proces de conștientizare de către personalitate a valorilor mediului ambiant și de concretizare a anumitor direcții necesare înțelegerii mai profunde și a recunoașterii interrelaționării omului cu mediul ambiant.

După finalizarea cursului studenții chimiști își vor forma și *Competența de comunicare profesională* prin capacitatea de a putea comunica rezultatele cercetării, rezultatele analizei compoziției și structurii compușilor obținuți, rezultatele modelării, rezultatele analizei factorilor de mediu etc., prin elaborarea și prezentarea diferitor rapoarte, cât și *Competența de formare profesională continuă* dezvoltată printr-o totalitate de activități orientate cerințelor prezentului și a pregătirii profesionale inițiale, cât și adaptarea la noile exigențe ale desfășurării activității profesionale, spre asimilarea unor noi cunoștințe și competențe.

1. Obținerea compușilor cu proprietăți utile

Evoluția socioeconomică impune necesitatea elaborării unor soluții noi, bazate pe materiale polifuncționale, care prin sporirea eficienței unor procese ar compensa deficitul cauzat de raportul necesităților la sursele și potențialul natural existent.

Un obiectiv important în formarea unui specialist chimist este capacitatea de a sintetiza compuși chimici, proces care poate avea un caracter reproductiv (sinteza compușilor cunoscuți) sau productiv-creativ (compuși noi). Sinteza chimică are mai multe etape: de planificare; de pregătire; de realizare; de analiză a produșilor de sinteză; de constatare a compoziției și structurii lor etc. Utilitatea unei sinteze chimice este argumentată de identificarea domeniilor de implementare practică a compușilor chimici. Îmbinarea în cadrul unui compus individual a mai multor componente: cation metalic, liganzi organici sau minerali, anioni ai bioelementelor etc. permite obținerea unor compuși coordinativi cu diverse proprietăți utile, în care conjugarea componentelor separate generează manifestarea/amplificarea unor caracteristici deosebite.

Asamblarea compușilor coordinativi este planificată în baza prognozei interacțiunii sării metalului generator de complex cu liganzii care conțin atomii donori de electroni capabili să coordoneze la ionul metalic, numărul de coordinare a căruia determină arhitectura moleculară, iar specificul ligandului poate influența nuclearitatea compusului coordinativ. Pregătirea sintezei constă în selectarea condițiilor optime pentru realizarea ulterioară a ei.

Planificarea sintezei și selectarea condițiilor solicită o gândire creativă, deseori abstractă [107, 108].

Sinteza compușilor coordinativi. Instrucțiuni de obținere

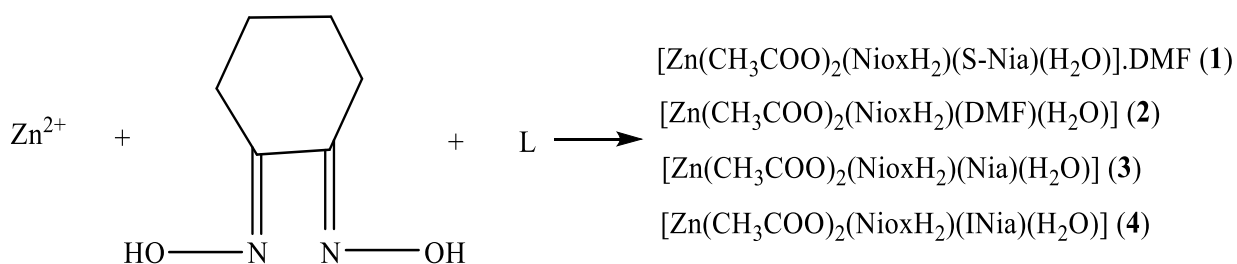


Fig. 2.4. Schema reacțiilor de sinteză a compușilor coordinativi 1-4

Sinteza $[\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{NioxH}_2)(\text{S-Nia})(\text{H}_2\text{O})].\text{DMF}$ (1). La soluția formată din 21,9 mg (0,1 mmol) $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ în amestec de 30 ml de $\text{CH}_3\text{OH}:\text{DMF}$ în raport de 5:1 s-au adăugat 21,00 mg (0,15 mmol) de 1,2-ciclohexandioximă. Soluția rezultată a fost încălzită pe un agitator magnetic timp de 10 minute, apoi s-a adăugat 28,0 mg (0,2 mmol) tio-nicotinamidă. Din soluția transparentă de culoare gălbuie prin evaporare lentă s-au format cristale galbene. Randamentul: ~18%. Compusul este solubil în DMSO, DMF, metanol, etanol, puțin solubil în apă. Pentru $\text{C}_{16}\text{H}_{24}\text{N}_4\text{O}_7\text{ZnS}$:

determinat, %: C 39,71; H 4,87; N 11,42; calculat, %: C 39,88; H 5,02; N 11,63.

Sinteza $[\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{NioxH}_2)(\text{DMF})(\text{H}_2\text{O})]$ (2). La soluția ce conține 21,9 mg (0,1 mmol) $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ în 30 ml amestec de $\text{CH}_3\text{OH}:\text{DMF}$ în raport de 5:1 s-a adăugat 21,00 mg (0,15 mmol) 1,2-ciclohexandioxima. Soluția rezultată a fost încălzită pe un agitator magnetic timp de 10 minute. Din soluția transparentă de culoare gălbuie prin evaporare lentă s-au format cristale prismatice incolore. Randamentul: ~32%. Compusul este solubil în DMSO, DMF, metanol, etanol, puțin solubil în apă.

Pentru $\text{C}_{13}\text{H}_{25}\text{N}_3\text{O}_8\text{Zn}$:

determinat, %: C 37,18; H 5,72; N 9,81; calculat, %: C 37,46; H 6,05; N 10,08.

Compușii $[\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{NioxH}_2)(\text{Nia})(\text{H}_2\text{O})]$ (3) și $[\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{NioxH}_2)(\text{INia})(\text{H}_2\text{O})]$ (4) au fost obținuți prin procedeul 3, cu diferența că în loc

de tio-nicotinamidă s-a adăugat nicotinamidă (**3**) sau izo-nicotinamidă (**4**). Pentru complexii **3** și **4**, având formula empirică identică, rezultatele analizei elementare sunt după cum urmează:

Pentru $C_{16}H_{24}N_4O_8Zn$:

determinat, %: C 40,83; H 5,06; N 11,97 (**7**); C 41,02; H 5,11; N 11,93 (**8**);

calculat, %: C 41,25; H 5,19; N 12,04.

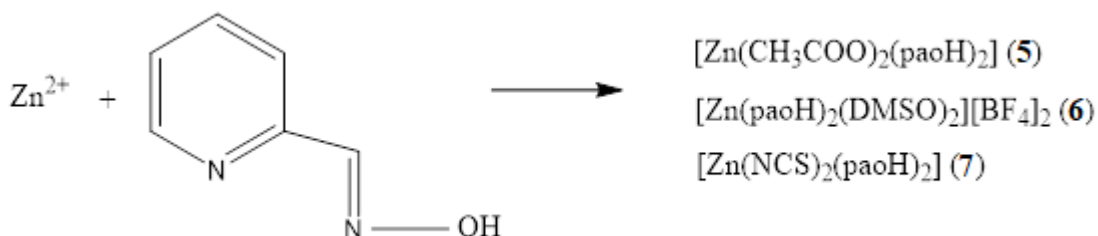


Fig. 2.5. Schema reacțiilor de sinteză a compușilor coordinativi 5-7

*Sinteza $[Zn(CH_3COO)_2(paoH)_2]$ (**5**).* La soluția de $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ (21,9 mg, 0,1 mmol) în 30 ml amestec de $CH_3OH:DMF$ în raport de 5:1 s-a adăugat 24,00 mg piridin-2-aldoximă (0,2 mmol). Soluția rezultată a fost încălzită la agitare timp de 10 min. Din soluția limpede prin evaporare lentă s-au obținut cristale incolore. Randamentul: ~ 67%. Compusul este solubil în DMSO, DMF, metanol, etanol, puțin solubil în apă.

Pentru $C_{16}H_{18}N_4O_6Zn$:

determinat, %: C = 44,76; H 3,94; N 13,02; calculat, %: C = 45,03; H 4,25; N 13,13.

*Sinteza $[Zn(paoH)_2(DMSO)_2][BF_4]_2$ (**6**).* La o soluția de $Zn(BF_4)_2 \cdot xH_2O$ (23,9 mg, 0,1 mmol) în 40 ml amestec de $CH_3OH:DMF:DMSO$ în raport de 6:1:1 s-a adăugat 24,00 mg piridin-2-aldoximă (0,2 mmol). Soluția rezultată a fost încălzită la agitare timp de 10 min. Din soluția limpede prin evaporare lentă s-au obținut cristale incolore. Randamentul: ~36%. Compusul este solubil în DMSO, DMF, metanol, etanol, puțin solubil în apă.

Pentru $C_{16}H_{18}N_4O_4S_2B_2F_8Zn$:

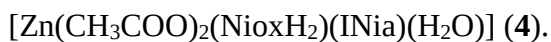
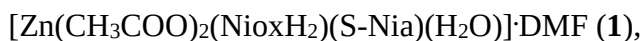
determinat, %: C = 29,82; H = 3,68; N 8,53; calculat, %: C = 30,10; H 3,79; N 8,78.

*Sinteza $[Zn(NCS)_2(paoH)_2]$ (**7**).* La soluția de $Zn(BF_4)_2 \cdot xH_2O$ (23,9 mg, 0,1 mmol) în 30 ml amestec $CH_3OH:DMF$ în raportul 4:1 s-a adăugat 24,00 mg piridin-2-aldoximă (0,2 mmol) și 7,6 mg NH_4NCS (0,1 mmol). Soluția rezultată a fost încălzită la agitare timp de 10 minute. Din soluția limpede prin evaporare lentă s-au obținut cristale incolore. Randamentul: ~31%. Compusul este solubil în DMSO, DMF, metanol, etanol, puțin solubil în apă.

Pentru $C_{14}H_{12}N_6O_2S_2Zn$:

determinat, %: C = 39,37; H = 2,71; N 19,52; calculat, %: C = 39,59; H 2,85; N 19,79.

Cu scopul prognozării arhitecturii moleculare posibile a fost modelată structura compușilor coordinativi



Optimizarea structurii electronice și geometriei moleculelor a liganzilor în configurațiile nucleare respective a fost efectuată *ab initio* folosind metoda SCF în aproximația ROHF, utilizând pentru funcțiile atomice baza 6-31G [109]. Nici o restricție de simetrie nu a fost aplicată în timpul optimizării geometriei. Pentru optimizarea complexelor 1-4 s-a folosit pachetul de programe GAMESS [110] (Figura 2.6).

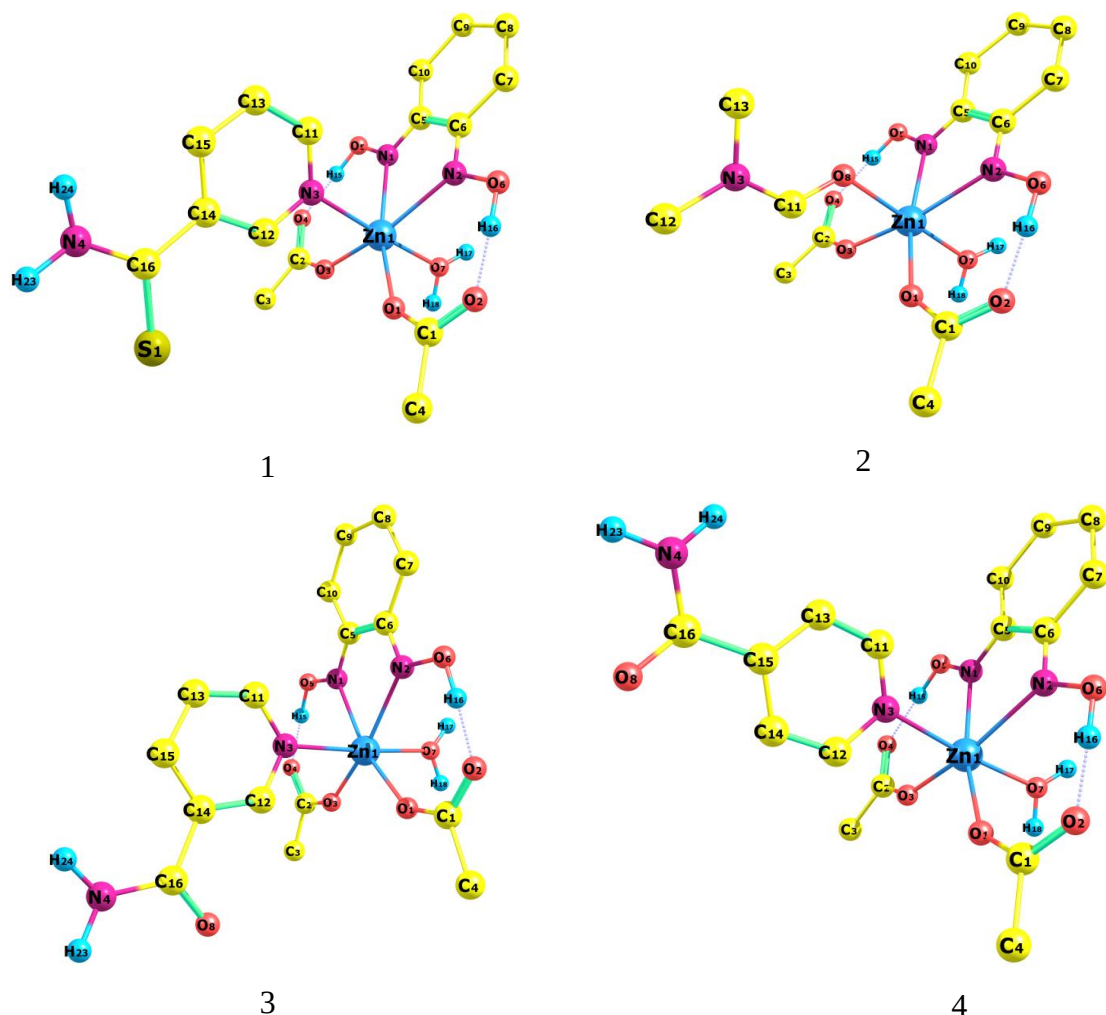


Fig. 2.6. Structura moleculară a complexelor 1-4

Pentru compușii 5-7 deasemenea au fost modelate structurile electronice și geometria moleculelor liganzilor în configurațiile nucleare respective și optimizate *ab initio* folosind metoda SCF în aproximația ROHF, utilizând pentru funcțiile atomice baza 6-31G (Figura 2.7).

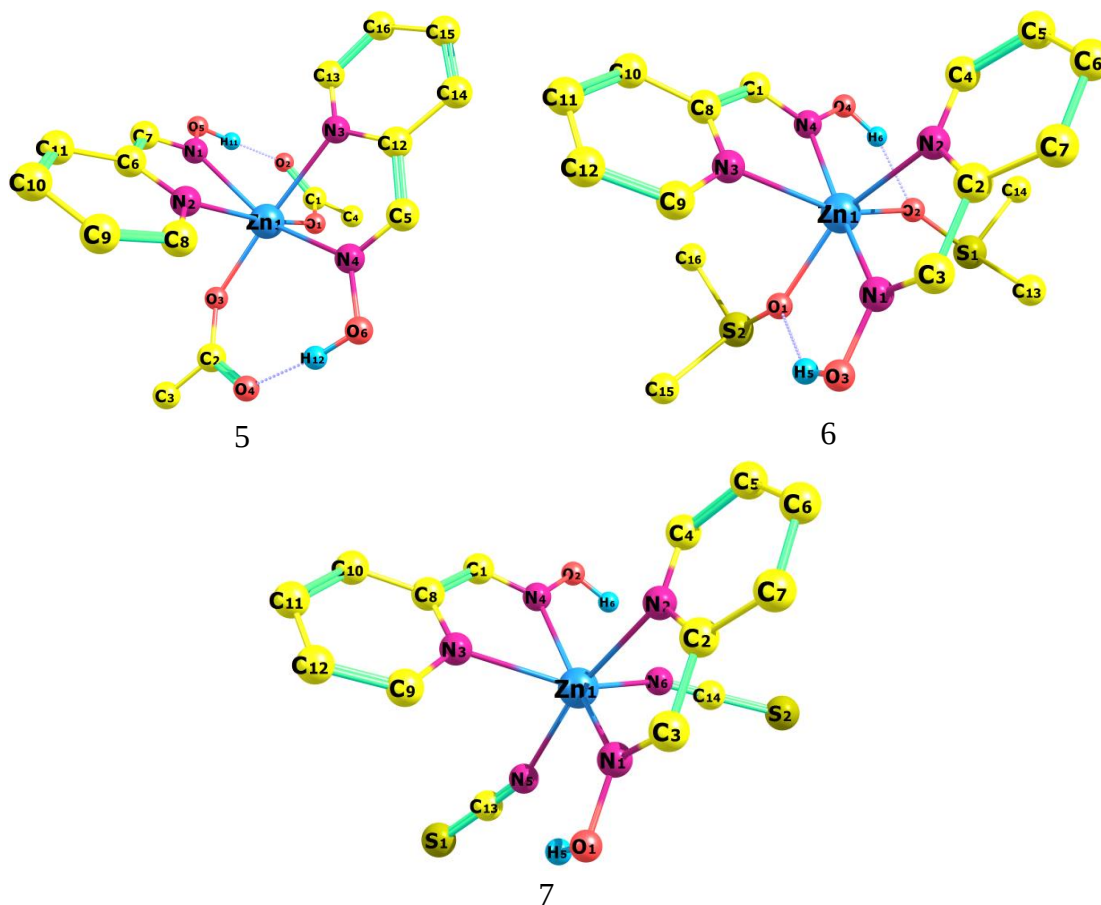


Fig. 2.7. Structura moleculară a complexelor 5-7

Experimentatorul trebuie să intuiească variantele posibile de desfășurare a procesului pentru a înțelege cea mai probabilă evoluție în obținerea produșilor reacției. În timpul sintezei se acutizează funcțiile psihomotore, fapt care permite unor procese ca observația, intuiția, comparația să înregistreze semnele specifice ale reacției pentru a înțelege direcția desfășurării sintezei.

O problemă esențială pentru dezvoltarea societății este sporirea productivității agroalimentare, elaborarea noilor produse pentru industria farmaceutică, oenologie etc. Prezența mai multor componente cu impact pozitiv asupra unor procese biologice deschide perspective largi pentru utilizarea lor în calitate de biostimulatori la microorganisme (fungi, alge), precum și plante superioare de cultură [102].

În cadrul facultății de Biologie și chimie a Universității de Stat din Tiraspol studenții de la ciclul I și II, ca finalitate a programelor de studii susțin teza de licență/master, obținând calificativul de licențiat sau master în dependență de specializare, fiind o formă de evaluare a competențelor.

Pe parcursul studiilor, conform programelor, studenții sunt implicați în următoarele stagii de practică: *Practica de inițiere*, *Practica de producție* și *Practica de licență* [35].

În cadrul acestor stagii de practică, studenții își formează anumite competențe ce țin de analiza și sinteza surselor bibliografice pe domeniul stabilit, cunoștințe și deprinderi practice de utilizare a veselei, reactivilor și a unor metode instrumentale de analiză, care în final aceste abilități și deprinderi se vor regăsi în elaborarea și susținerea tezei de licență sau master.

Tezele de acest tip poartă un caracter interdisciplinar, deoarece în majoritatea cazurilor studenții se cunosc cu diferite metode de sinteză a liganzilor, a compușilor coordinativi, cu metode de descifrare a compoziției și structurii compușilor sintetizați și cu diferite metode biologice de determinare a activității biologice (aici avem caracterul interdisciplinar prin *chimie* → *fizică* → *biologie*).

Practic, la absolvire, sunt admise la susținere teze de licență/master cu tematică legată de sinteza unor compuși coordinativi (Tabelul 2.6, Figura 2.8).

Tabelul 2.6. Numărul de teze susținute la ciclul I și ciclul II cu tematică legată de sinteza unor compuși coordinativi

Anii	Licență (Secția cu frecvență la zi)			Licență (Secția cu frecvență redusă)			Master		
	Total teze, nr.	Teze la sinteza chimică, nr.	Ponderea, %	Total teze, nr.	Teze la sinteza chimică, nr.	Ponderea, %	Total teze, nr.	Teze la sinteza chimică, nr.	Ponderea, %
2013	25	5	20,0	36	3	8,33	13	2	15,38
2014	9	6	66,67	26	4	15,38	19	8	42,11
2015	20	4	20,0	20	4	20,0	23	4	17,39
2016	6	4	66,67	18	1	5,56	24	2	8,33
2017	8	1	12,5	17	-	0	17	-	0
2018	5	1	20,0	7	1	14,29	14	1	7,14

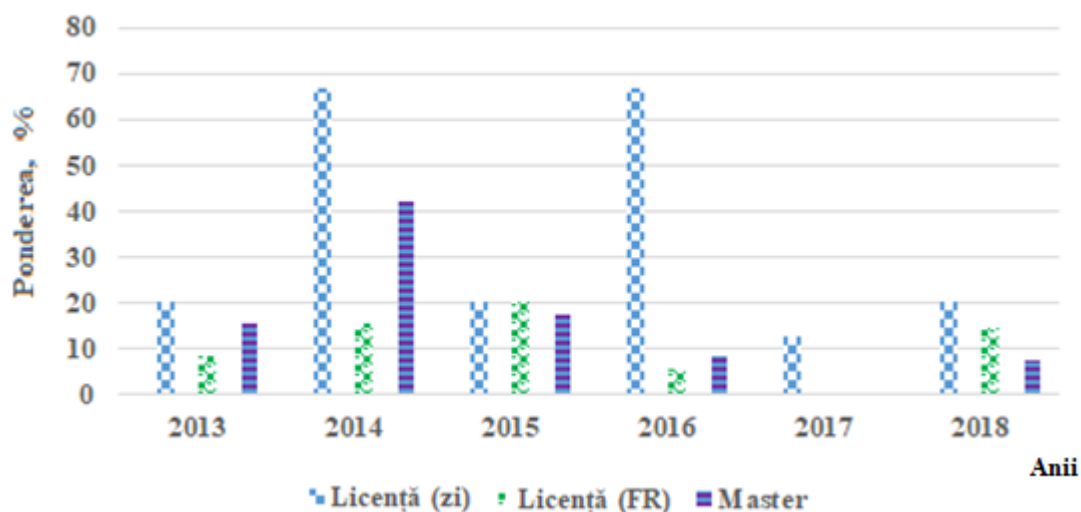


Fig. 2.8. Ponderea (%) tezelor cu tematică legată de sinteza unor compuși coordinativi

2. Metode instrumentale de analiză a compoziției și structurii compușilor. Metode biologice.

Testare biologică

După obținerea compusului coordinativ, separarea din soluție, purificarea lui începe procesul de investigare cu caracter interdisciplinar care antrenează metode fizice și fizico-chimice de cercetare (analiza elementală, spectroscopia în IR, UV-Vis, RMN, analiza termică, descifrarea structurii cristaline prin difracția razelor X etc.) și continuă cu testarea compusului coordinativ în calitate de catalizator, stimulator al unor procese biologice sau industriale. În dependență de compoziția și structura compusului coordinativ pot fi prognozate proprietățile pe care le va manifesta.

Metode fizice. Compoziția și structura compușilor **1-7** sunt stabilite pe baza analizei elementale, spectroscopie IR și RMN. Pentru compușii **1-2** și **5-7** au fost descifrate structurile moleculare a compușilor în baza difracției cu raze X pe monocristal.

Determinarea carbonului și hidrogenului. Analizele conținutului elementelor C, H, N în compușii studiați au fost efectuate cu ajutorul analizatorului elemental Elementar Analysensysteme GmbH Vario El III în cadrul Centrului Chimie Fizică și Nanocompozite al Institutului de Chimie.

Spectrele IR au fost obținute la spectrofotometrul FT IR Spectrum-100 Perkin-Elmer în intervalul $400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ în cadrul Centrului Chimie Fizică și Nanocompozite al Institutului de Chimie, cu utilizarea probelor de pastile în KBr sau suspensiilor în ulei de vazelină.

Spectrele RMN ^1H și ^{13}C au fost înregistrate la spectrometrul 400 Bruker cu frecvența de lucru pentru ^1H de 200,13 și 400 MHz respectiv, în soluții de DMSO- d_6 folosind standardul intern

TMS. Semnalele au fost exprimate în ppm. Studiile au fost realizate în cadrul Centrului Chimie Fizică și Nanocompozite al Institutului de Chimie.

Difracția cu raze X. Pentru compușii **1-2** și **5-7** datele structurale au fost obținute la temperatura camerei la difractometru Xcalibur CCD Oxford Diffraction, folosind radiația MoK α ($\lambda=0,71073$ Å), monocromator de grafit și ω scanare. Parametrii celulei unitare verificate pentru întregul set de date experimentale. Structurile cristaline determinate prin metode directe și precizate prin metoda celor mai mici pătrate (MMP) în varianta completă anizotropă pentru atomi, alții decât hidrogen (SHELX -97) [111].

Pozițiile atomilor de hidrogen au fost calculate și precizate izotropic într-un model de *corp rigid*. În compusul **2** într-o moleculă DMSO fragmentul dimetilsulfidic este dezordonat în două poziții 0,840(5) și 0,160(5), într-unul dintre anionii de tetrafluoroborat atomii de fluor sunt dezordonați în două poziții 0,786(6) și 0,214(6). Datele cristalografice, distanțele interatomice și unghiurile de valență, parametrii geometrici ai legăturilor de hidrogen și rezultatele experimentale pentru compușii **1-2** și **5-7** sunt prezentate în [107, 108].

În spectrele IR ale complexilor **1-4** benzile la 1662-1646 cm $^{-1}$ se datorează vibrațiilor $\nu(\text{C}=\text{N})_{\text{oximă}}$ și la 1076-1063 cm $^{-1}$ – vibrațiilor $\nu(\text{N}-\text{O})_{\text{oximă}}$. În compușii **5-7** banda de la 1616-1603 cm $^{-1}$ corespunde oscilațiilor inelului de piridină.

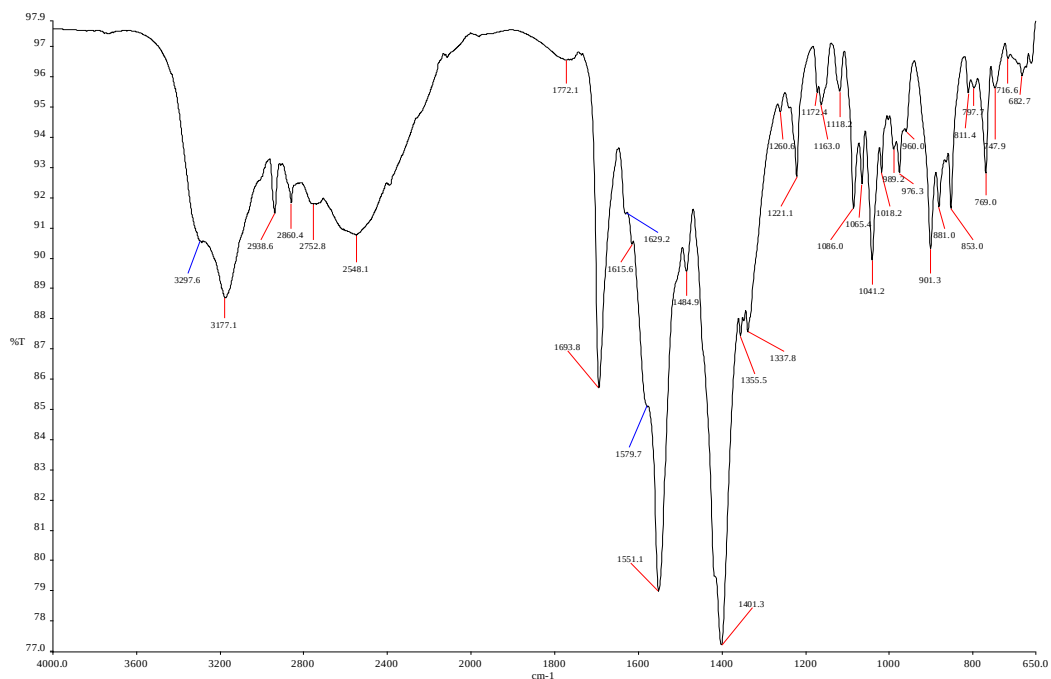


Fig. 2.9. Spectrul IR al compusului $[\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{NioxH}_2)(\text{Inia})(\text{H}_2\text{O})]$ (4**)**

Benzile de intensitate maximă la 1554-1543 și 1415-1401 cm $^{-1}$ se datorează vibrațiilor grupării carboxil $\nu_{\text{as}}(\text{CO}_2)$ și $\nu_{\text{s}}(\text{CO}_2)$. De asemenea, prezența ionului acetat indică benzile $\nu_{\text{as}}(\text{CH}_3)$

2951-2938 și $\nu_s(\text{CH}_3)$ 2875-2860 cm^{-1} . Benzile de la 3328 (1), 3306 (3), 3298 (4) cm^{-1} și 3161 (1), 3174 (3) 3177 (4) indică prezența legăturii de valență a grupei NH_2 . Banda puternic evidențiată de la 1032 cm^{-1} în compusul 1 poate fi cauzată de vibrațiile legăturii $\text{C}=\text{S}$.

Pentru a studia diversitatea structurală și reacțiile de schimb la cationul metalic, sa decis să se utilizeze unii liganzi heterofuncționali, pentru a monitoriza competitivitatea diferitor grupe funcționale în procesul de complexare. Pentru compușii 1 și 2 a fost determinată structura moleculară în baza difracției cu raze X pe monocristal. La interacțiunea acetatului de zinc cu NioxH_2 și S-Nia într-un raport de 1:1,5:2 în mediu de $\text{CH}_3\text{OH}:\text{DMF}:\text{H}_2\text{O}$ (3:1:1) s-a obținut complexul $[\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{NioxH}_2)(\text{S-Nia})(\text{H}_2\text{O})]\cdot\text{DMF}$ (1), în care la un ion de zinc coordonează doi anioni acetat, moleculele NioxH_2 , S-Nia și apa (Figura 2.10).

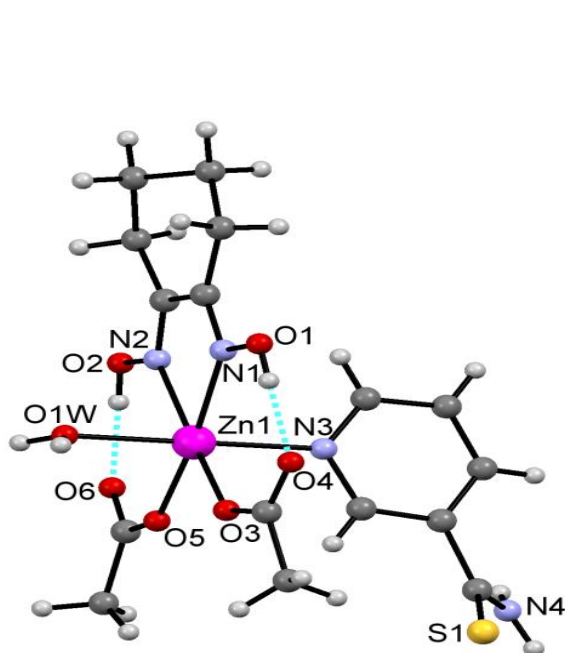


Fig. 2.10. Structura complexului mononuclear $[\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{NioxH}_2)(\text{S-Nia})(\text{H}_2\text{O})]\cdot\text{DMF}$

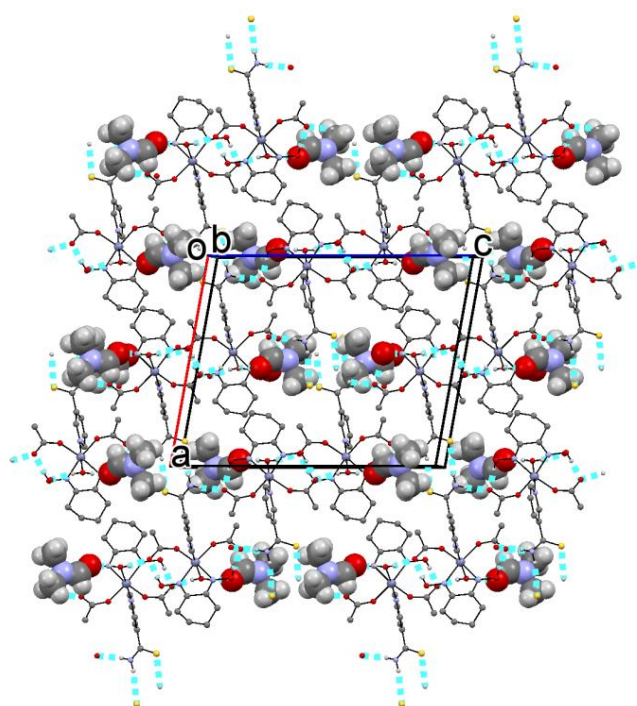


Fig. 2.11. Împachetarea compusului 1 cu indicarea legăturilor de hidrogen și a moleculelor DMF din sfera externă

Ligandul NioxH_2 formează un inel chelat pentaciclic cu unghiul endociclic N-Zn-N egal cu $72,61(19)^\circ$ și distanțele Zn-N egal cu 2,173(5) 2,194(5) Å, ligandul axial S-Nia coordonează monodentat printr-un atom de azot al heterociclului, distanța Zn-N fiind egală cu 2,181(5) Å.

Toți liganzii ce conțin atomul O coordonează la atomii metalului monodentat și doi acetat-anioni completează planul ecuatorial, molecula de apă ocupă a doua poziție axială. Distanțele metal-O se află în intervalul 2,036(4)-2,135(4) Å.

Schimbarea ligandului axial conduce la o varietate de legături de hidrogen intermoleculare, care pe lângă interacțiunile $\text{OH}\cdots\text{O}$ includ, de asemenea legăturile de hidrogen $\text{NH}\cdots\text{S}$ și $\text{NH}\cdots\text{O}$

și leagă complexii în grila H-tridimensional asociat cu includerea în structura cristalină a moleculelor de DMF din sfera exterioară (Figura 2.11).

Compusul $[\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{NioxH}_2)(\text{DMF})(\text{H}_2\text{O})]$ (**2**) a fost obținut prin reacția acetatului de zinc cu NioxH_2 într-un raport de 1:1,5, în mediu $\text{CH}_3\text{OH}:\text{DMF}$. La cationul metalului coordonează în mod chelat prin atomii de azot a grupelor oximice molecule NioxH_2 , doi anioni acetat monodentați, molecula de apă și DMF (Figura 2.12).

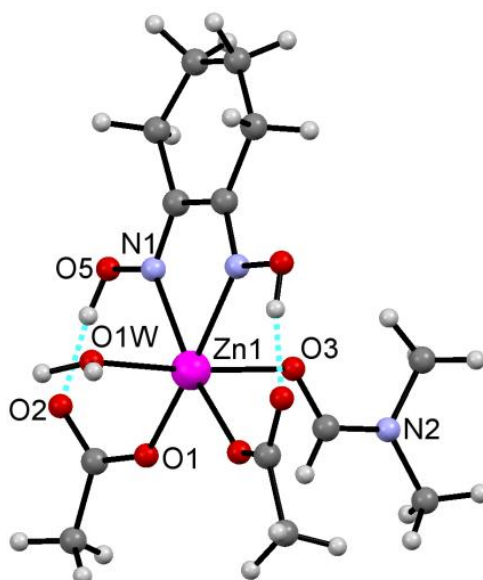


Fig. 2.12. Structura moleculară a complexului mononuclear 2
 $[\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{NioxH}_2)(\text{DMF})(\text{H}_2\text{O})]$

Poliedrele coordonate ale atomilor de metal prezintă octaedre distorsionate formate de setul de atomi donori N_2O_4 . Ligandul NioxH_2 formează un inel chelat pentaciclic cu unghiul endociclic N-M-N egal cu $71,45(17)^\circ$, iar distanțele M-N sunt egale cu $2,208(3)\text{\AA}$.

Toți liganzii ce conțin oxigen coordonează la atomii metalici monodentat, doi anioni acetat completează planul ecuatorial, moleculele solvenților, apa și DMF ocupă pozițiile axiale. Distanțele metal-O din poliedrele coordonate sunt în intervalele $2,042(3) - 1,39(4)\text{\AA}$.

Atomii de oxigen ai anionilor acetat neimplicați în coordonare cu metalul sunt legați prin legături de hidrogen interne $\text{O}-\text{H}\cdots\text{O}$ cu grupele oximice. Asocierea complexilor mononucleari în cristale are loc pe baza legăturilor de hidrogen $\text{OH}\cdots\text{O}$ cu participarea moleculelor de apă și a anionilor acetat. Între lanțurile din cristale sunt prezente doar interacțiuni van der Waals (Figura 2.13).

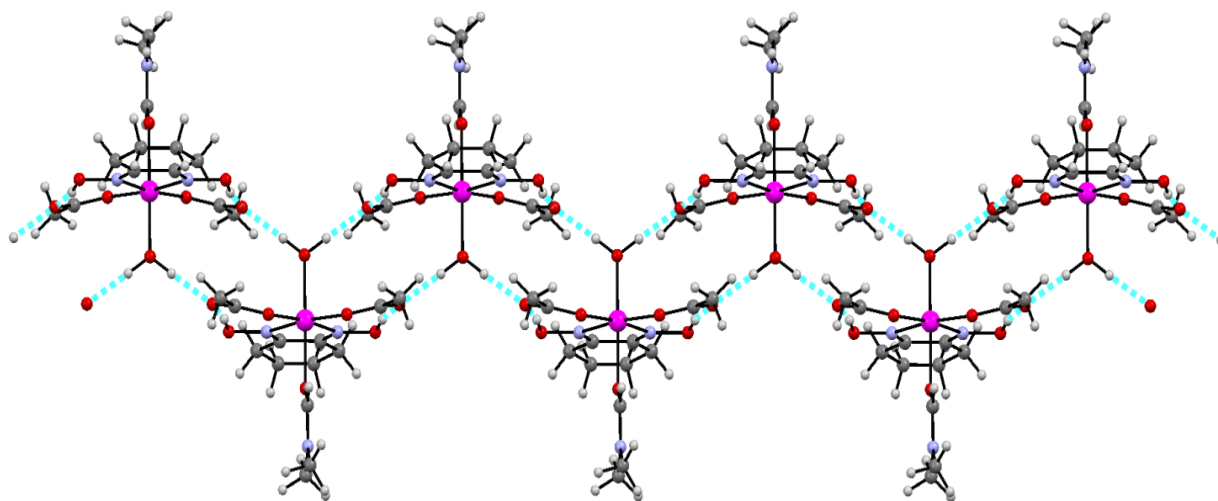


Fig. 2.13. Fragment de lanț al structurii compusului 2 unit prin legături de hidrogen

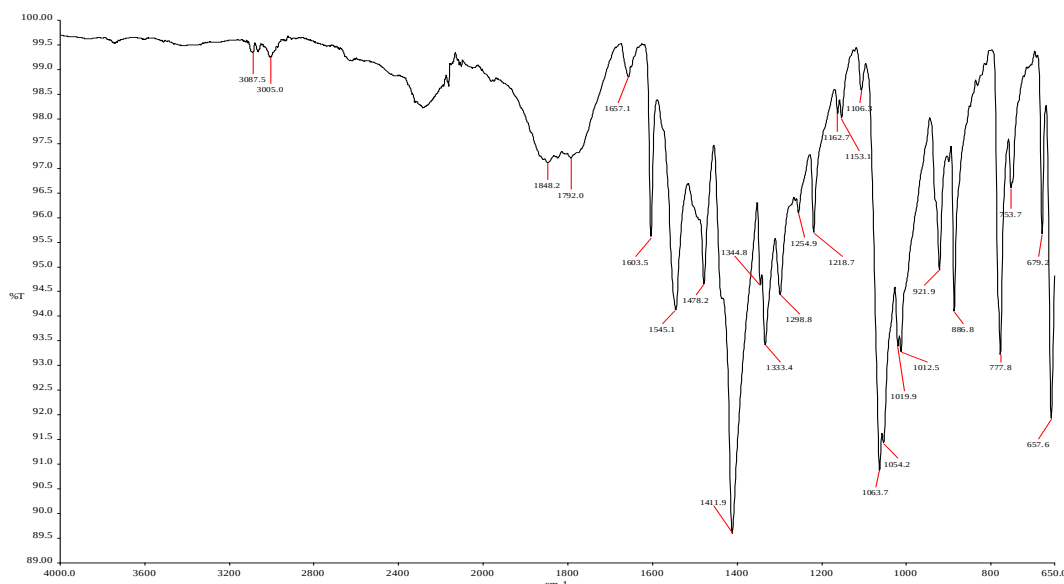


Fig. 2.14. Spectrul IR al compusului $[\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2(\text{paoH})_2]$ (5)

În spectrele IR ale compuşilor 5-7 sunt prezente benzi ce indică prezența ligandului paoH: banda de la $\sim 1650 \text{ cm}^{-1}$ este cauzată de vibrațiile $\nu(\text{C}=\text{N})_{\text{oximă}}$, la $\sim 1600 \text{ cm}^{-1}$ – vibrații ale inelului de piridină, la $\sim 1060 \text{ cm}^{-1}$ – vibrații $\nu(\text{N}-\text{O})_{\text{oximă}}$, banda de la $\sim 638 \text{ cm}^{-1}$ se datorează distorsiunii în plan a inelului de piridină. Benzile de intensitate puternică la 1545 și 1411 cm^{-1} în compusul 5 sunt cauzate de variațiile grupării carboxil, $\nu_{\text{as}}(\text{CO}_2)$ și $\nu_{\text{s}}(\text{CO}_2)$.

În compusul 7, banda de intensitate puternică la 2047 cm^{-1} indică legătura cu atomul de azot al anionului izotiocianat.

Ca rezultat al interacțiunii acetatului de zinc cu paoH în raport de 1:2 în mediu de CH₃OH:DMF (5:1) s-a obținut complexul de tip neelectrolit [Zn(CH₃COO)₂(paoH)₂] (5).

Compusul cristalizează în grupul spațial monoclinic P2₁/n. Porțiunea independentă a celulei elementare cuprinde cationul de zinc, doi acetat-anioni și doi liganzi paoH (Figura 2.15).

Poliedrul de coordinare al atomului de zinc este un octaedru distorsionat format dintr-un set de atomi donori N₄O₂.

La ionul de zinc coordinează chelat două molecule de piridin-2-aldoximă prin atomii de azot piridinici și a grupării oximă și doi ioni acetat asociați monodentat la generatorul de complex prin intermediul atomului de oxigen al grupării carboxil. Fiecare dintre cei doi liganzi coordinați paoH formează un inel pentaciclic chelat cu unghiurile endociclice N-Zn-N egale cu 74,49(19) și 73,71(17)° și distanțele Zn-N în intervalul de 2,151(5) - 2,262(5) Å. În complexul 5 liganzii sunt în poziția *cis*- în

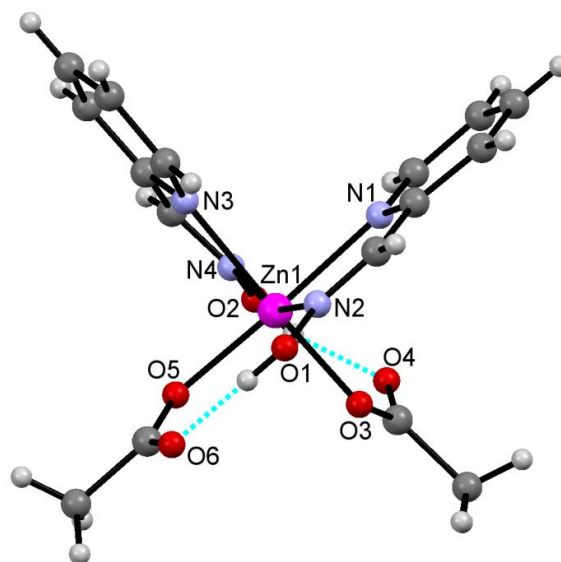


Fig. 2.15. Structura complexului [Zn(CH₃COO)₂(paoH)₂] (5) cu numerotarea parțială a atomilor și legăturile de hidrogen

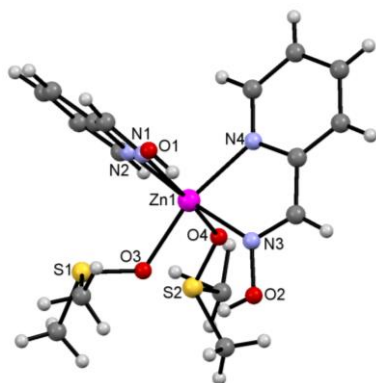


Fig. 2.16. Structura cationului complex [Zn(paoH)₂(DMSO)₂]²⁺ în 6 cu numerotarea parțială a atomilor

plane reciproc perpendiculare, așa cum este indicat de unghiul diedru dintre pentaciclu metalic egal cu 89,07° (Figura 2.10). Doi anioni acetat coordonează monodentat la atomii de metal prin O (3) și O (5), distanțele Zn-O sunt 2,031(4) 2,044(5) Å, unghiul O-Zn-O este 92,39(19)°. Atomii de oxigen ai anionilor acetat neimplicați în coordinare cu metalul sunt implicați în formarea legăturilor de hidrogen O-H...O interne

cu grupele oxime. Analiza Bazei de date structurale Cambridge aduce dovezi clare în favoarea stabilizării poliedrului de coordinare al metalului de tranziție prin două legături de hidrogen cu anionul carboxilat într-un număr de compuși mononucleari și analogi polimerici ai compusului 5 [112, 113].

Cu scopul excluderii anionului carboxilat din procesului de complexare, în calitate de sare inițială de zinc s-a utilizat tetrafluoroboratul de zinc, care cu ușurință cedează anionul tetrafluoroborat. În rezultatul interacțiunii $\text{Zn}(\text{BF}_4)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ cu paoH într-un raport de 1:2 în mediu $\text{CH}_3\text{OH}:\text{DMSO}$ (5:1) s-a obținut un complex ionic $[\text{Zn}(\text{paoH})_2(\text{DMSO})_2][\text{BF}_4]_2$ (**6**), construit din cationii complecși $[\text{Zn}(\text{paoH})_2(\text{DMSO})_2]^{2+}$ și anionii $[\text{BF}_4]^-$ externi. Compusul cristalizează în grupul spațial monoclinic $\text{P2}_1/\text{n}$. Porțiunea independentă a celulei unitare conține cationul de zinc, doi anioni tetrafluoroborat, cei doi liganzi paoH și două molecule DMSO. Structura cationului complex în compusul **6** este similară ca în **5** cu înlocuirea a doi anioni acetat cu două molecule DMSO (Figura 2.16). Moleculele de paoH formează două metalocicluri chelate, distanțele Zn-N sunt în intervalul 2,120(4)-2,293(5) Å, unghiurile N-Zn-N egale cu 74,52(15) și 75,19(14)°. Distanțele Zn-O sunt egale cu 2,091(3) și 2,052(3) Å. Absența unui aport de stabilizare a anionilor

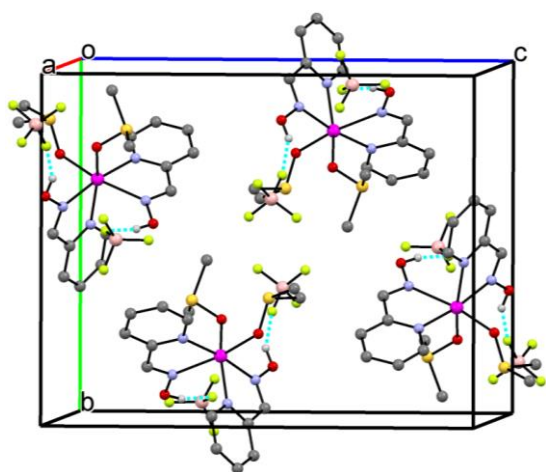


Fig. 2.17. Fragment al împachetării compusului 6 în monocristal

acetat are ca rezultat o mai mare libertate conformațională de coordinare la metal a liganzilor neutri, evidențiată prin inversarea unuia dintre liganzii paoH, oarecum scurtat unghiul diedral între metalocicluri egal cu 85,2°. Anionii $[\text{BF}_4]^-$ sunt reținuți în rețeaua cristalină prin legături de hidrogen $\text{O}-\text{H}\cdots\text{F}$ (Figura 2.17).

Pentru a exclude posibilitatea coordinării moleculelor de solvent și cu scopul de a studia reacția de schimb anionic, sa decis să se introducă în sistem anioni anorganici bidentăți, care potențial ar putea ocupa două poziții de

coordinare în poliedrul coordonat al Zn (II). Folosirea liganzilor anorganici ambidentăți, cum ar fi izotiocianatul, având posibilitatea de coordinare prin doi atomi donori, azot și sulf, a urmărit mai multor scopuri: studierea posibilității de coordinare a anionilor tiocianat la atomul generator de complex în condiții concurente cu alți liganzi potențiali și să creeze condiții pentru manifestarea acestui anion a proprietăților de ligand-punte, pentru a asambla polimeri de coordinare.

Ca rezultat al interacțiunii tetrafluoroboratului de zinc cu paoH și NH_4SCN s-a obținut un complex mononuclear neelectrolit $[\text{Zn}(\text{NCS})_2(\text{paoH})_2]$ (**7**). Compusul **7** cristalizează într-un grup spațial monoclinic centric $\text{C2}/\text{c}$, unde complexul neutru ocupă o poziție pe o axă dublă, astfel încât într-o parte independentă a celulei elementare sunt o jumătate de cation de Zn(II), un anion tiocianat și un ligand paoH (Figura 2.18).

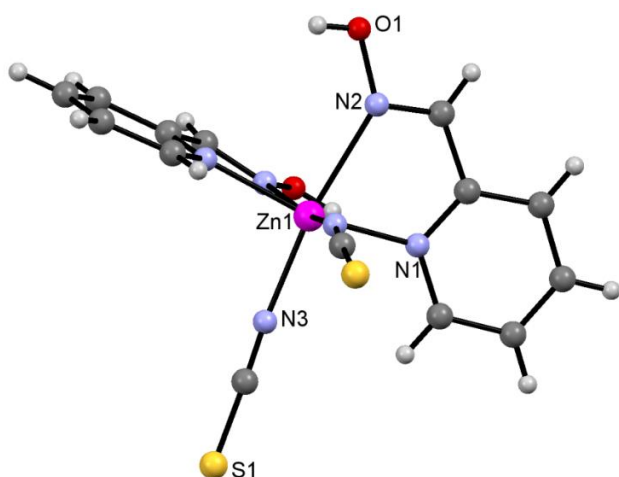


Fig. 2.18. Structura moleculei complexului 7
 $[\text{Zn}(\text{NCS})_2(\text{paoH})_2]$

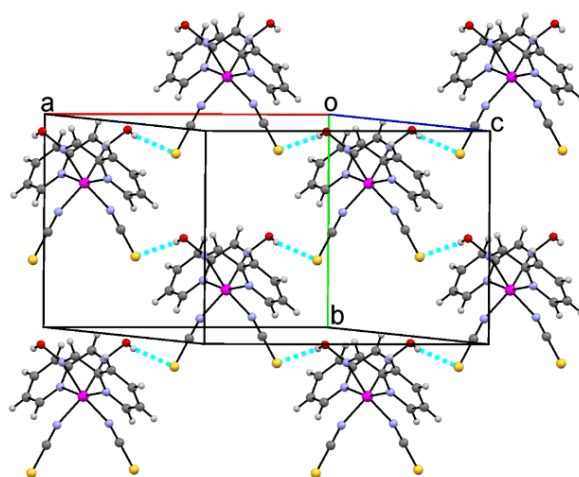


Fig. 2.19. Fragment al împachetării
moleculelor $[\text{Zn}(\text{NCS})_2(\text{paoH})_2]$

Poliedrului de coordinaire a Zn (II) - octaedru N_6 . distanțele Zn-N sunt în intervalul 2,045(4)-2,329(4) Å, unghiul endociclic N-Zn-N este egal cu 73,25(14)°. În acest sens, doi liganzi paoH sunt legați prin axă dublă și se află în poziția trans, arătând chiar o mai mare *mobilitate*, unghiul dintre metalocicluri fiind redus la 79,61°. Spre deosebire de 5, în 7 legăturile de hidrogen intermoleculare $\text{OH}\cdots\text{S}$, în care participă un atom de sulf terminal al anionilor NCS^- leagă moleculele complexului în straturi infinite (Figura 2.19). Astfel, diversitatea structurală a complexelor monomoleculare cu heteroliganzi ai Zn(II) cu ligandul de chelare piridin-2-aldoxima este completată cu trei compuși noi, demonstrând o contribuție semnificativă al ligandului al doilea (acetatul, tiocianatul, DMSO) în geometria poliedrului de coordinaire al Me.

Difracția razelor X pe monocristalele, pentru compușii coordinativi 1-2 și 5-7 a fost efectuată în Laboratorul Metode Fizice de Studiere a Solidului *T. I. Malinowski* al Institutului de Fizică Aplicată.

Metode biologice

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. [114].

Datorită reacției sporite la schimbările ambiante, metabolismul adaptiv, ciclul scurt de dezvoltare, sinteza unei game largi de substanțe bioactive importante, microorganismele sunt obiecte comode și rentabile economic pentru diverse cercetări. Dintre substanțele importante sintetizate de către microorganisme sunt enzimele (pectinaze, amilaze, celulaze, proteaze, lipaze) care au diverse utilizări în diferite sfere economice și sociale [115, 116].

Necesitatea obținerii cantităților sporite de enzime impune obiectivul elaborării noilor tehnologii de biosinteză a lor. Compușii coordnativi prezintă interes ca stimulatori de natură chimică. Dintre toți factorii mediului exterior care conduc la modificarea proceselor biologice în celula microbiană remarcabil este mediul nutritiv. Anume compoziția mediului nutritiv reglează dezvoltarea microorganismelor și activitatea de biosinteză, mai mult decât oricare alt factor.

O importanță determinantă în manifestarea proprietăților biostimulatoare îl are metalul generator de complex, care poate atribui complexului atât proprietăți de biostimulator, cât și inhibitor al proceselor fiziologice.

Un rol important în manifestarea proprietăților metalocomplexilor îl joacă și liganzii din componența lor, care datorită setului larg de atomi donori, crează cu ionii metalelor tranziționale complecși stabili, diferiți după compoziție, structură și proprietăți. Substanțele biologice active, incluse în compoziția complexilor metalelor în calitate de liganzi, sporesc esențial eficiența lor.

Utilizarea compușilor coordnativi cu scopul stimulării proceselor fiziologice la fungi este justificat de mai multe cauze [117, 118]:

- după structură metalocomplecșii sunt asemănători cu complecșii naturali biologici, reglatori ai funcțiilor vitale ale organismelor (clorofila, hemoglobina, vitamina B₁₂ etc.). Însăși natura a evaluat valoarea biomoleculelor macromoleculare pentru îndeplinirea funcțiilor biologice cu importanță vitală pentru organisme.
- în majoritatea metalocomplecșilor generatori de complex sunt biometalele – catalizatori biologici de neînlocuit, acțiunea cărora este legată de proteine, fermenți specifici. Ionii metalelor au un rol important în procesele catalizei enzimatice.

În ultimele decenii, în Republica Moldova au fost realizate o serie de cercetări, rezultatele cărora au fost publicate în reviste internaționale cu factor de impact și brevetate [119-124], în care sunt descrise efectele introducerii compușilor coordnativi ai unor metale tranziționale asupra proceselor fiziologice la unele tulpini de fungi.

Evaluarea proprietăților biologice ale complexilor testați a fost efectuată în conformitate cu impactul lor asupra procesului fermentativ al micromicetei *Aspergillus niger* CNMN FD 06, care este un producător activ al enzimelor amilolitice care hidrolizează substraturile ce conțin amidon, atât în condiții normale (la pH 4,7), cât și în condiții extreme de pH acid (pH 2,5).

Cultivarea a fost realizată prin metoda adâncă pe un mediu cu compoziția anterior aleasă [125], pH-ul mediului – 5,0, temperatura de cultivare 28-30°C, sub agitare constantă, cu un agitator rotativ la o viteză de rotație de 180-200 r/min.

Compușii complecși au fost introduși într-un mediu nutritiv steril în concentrații de 5, 10, 15 mg/l, împreună cu materialul de însămânțare. Ca mediu de control a servit cel fără de adaos de

compus complex. Efectul compusului complex asupra activității amilazei micromicetei *Aspergillus niger* CNMN FD 06 a fost măsurată în timp la a 5-a și ziua a 6-a zi de cultivare, care corespunde perioadei maxime de biosinteză pentru tulpină în condiții de cultivare clasică.

Determinarea activității amilolitice a fost realizată fotocolorimetric prin determinarea gradului de scindare a amidonului până la dextrine cu diferită masă moleculară în condiții standard (pH 4,7) și în condiții extreme acide (pH 2,5) [126].

Testările biologice au fost realizate în cadrul Laboratorului Enzimologie al Institutului de Microbiologie și Biotehnologie.

Cercetarea biologică

Compusul $[Zn(CH_3COO)_2(paoH)_2]$ (5) a fost testat pentru utilizarea lui pentru a spori activitatea amilolitică a tulpinii unui producător cu valoare biotehnologică - *Aspergillus niger* CNMN FD 06. Prezența atomului de zinc în componența complexului, care este micronutrient esențial pentru microorganisme sugerează că această substanță poate acționa asupra proceselor fiziologice ale micromicetei. Rezultatele au arătat că atunci când tulpina este cultivată în condiții standard (de control), activitatea maximă a enzimei standard (pH 4,7 – 50,68 un/ml), cât și cele acid stabile (pH 2,5 – 56,56 un/ml) se manifestă la a 5-a zi de la cultivare. La a 6-a zi de cultivare s-a constatat o scădere bruscă în ambele tipuri de activitate a amilazei: 20,44 un/ml (pH 4,7) și 38,08 un/ml (pH 2,5) (Tabelul 2.7).

Adăugarea complexului în mediul de cultivare are un efect stimulator, constituind 35,63% – 5 zile și 33,85% – 6 zile pentru amilazele standard și 7,32% și 6,22%, respectiv, pentru cele acidstabile. Pentru amilazele stabile în mediu acid efectul de stimulare este stabil în intervalul de concentrații de 5-15 mg/l, fiind peste nivelul controlului concentrațiilor testate atât la a 5-a, cât și la a 6-a zi. Efectul stimulator al amilazelor stabile acid este semnificativ mai mic și se manifestă atunci când se utilizează concentrații mici ale complexului – 5mg/L. Odată cu creșterea concentrației efectul devine instabil și la o concentrație de 15 mg/L devine negativ. Adăugarea complexului în mediul de cultivare al tulpinii nu afectează faza de dezvoltare a micromicetei și maximul de biosinteză a amilazei apare la a 5-a zi de cultivare, și coincide cu un maxim în varianta de control.

Astfel, sa constatat că concentrația de 15-10 mg/L a complexului de zinc cu piridin-2-aldoxima $[Zn(CH_3COO)_2(paoH)_2]$ (5) selectată optimal, poate fi utilizat pentru a stimula biosinteza amilazelor standard (pH 4,7) a micromicetei *Aspergillus niger* CNMN FD 06. Prezența complexului în mediul nutritiv nu afectează durata de cultivare a tulpinii.

Tabelul 2.7. Modificarea activității enzimactice a amilazelor micromicetei *Aspergillus niger* CNMN FD 06 sub influența complexului $[Zn(CH_3COO)_2(paoH)_2]$ (5)

Conc., mg/L	amilaze standard (pH 4,7)				amilaze acidstabile (pH 2,5)			
	a 5 zi		a 6 zi		a 5 zi		a 6 zi	
	u./ml	%	u./ml	%	u./ml	%	u./ml	%
5	68,74	135,63	27,36	133,85	60,82	107,32	40,45	106,22
10	68,74	135,63	25,64	125,44	57,97	102,50	40,45	106,22
15	65,11	128,47	23,91	116,98	46,58	82,35	34,13	89,62
Control	50,68	100,0	20,44	100,0	56,56	100,0	38,08	100,0

Analiza biologică

În ultimii ani, s-a stabilit că combinațiile complexe ale metalelor de tranziție joacă un rol important în procesele care au loc în organismele vii, influențând asupra creșterii și dezvoltării lor, atât ca efecte de stimulare, cât și de inhibare (antivirale, antibacteriene, antitumorale, etc.). S-a depistat efectul lor stimulator asupra creșterii și productivității unui număr de microalge (*Spirulina platensis* (Nordst) Geitl și *Dunaliella salina* Teod.), pentru cultivarea industrială, creșterea și înrădăcinarea diferitelor plante, pentru prepararea de medicamente. De asemenea, ele servesc ca potențiali regulatori ai biosintezei substanțelor biologic active, inclusiv enzime extracelulare într-o varietate de microorganisme [127, 128].

Activitatea biologică a unor noi compuși coordinativi ai metalelor este o sarcină importantă în legătură cu o posibilă utilizare a lor practică, identificarea de noi aplicații. Constatarea cauzelor activității lor biologice sporite, precum și înțelegerea rolului fundamental al complexului în metabolismul celulelor vii vor putea servi ca bază teoretică pentru sinteza deliberată a compușilor cu proprietăți dorite.

Pentru a investiga posibila influență asupra proceselor fiziologice ale microorganismelor, compușii 3-5 au fost testați ca potențiali biostimulatori ai activității amilolitice pe tulpina utilizată – *Aspergillus niger* CNMN FD 06.

Din punct de vedere biologic, folosirea compușilor complecși, în primul rând poate fi explicat prin faptul că în structura lor ca atomi de complexare sunt microelemente, multe dintre acestea (inclusiv zinc) fiind esențiale în cantități mici pentru organismele vii [129].

Rezultatele obținute sunt prezentate în Tabelul 2.8 și indică că activitatea enzimatică maximă la amilazele standard (50,68 u/ml - pH 4,7), cât și cele stabile acid (56,56 u/ml – pH 2,5)

tulpina prezintă în ziua a 5-a cultivării. La a 6-a zi de cultivare s-a constatat o scădere bruscă a activității ambelor tipuri de amilaze: 20,44 u/ml (pH 4,7) și 38,08 u/ml (pH 2,5).

Tabelul 2.8. Modificarea activității amilazei standard (pH 4,7) și acid stabile (pH 2,5) a micromicetei *Aspergillus niger* 412 sub influența compușilor complecși de zinc cu diferiți liganzi

Complexul	conc., mg/L	Amilaze standard (pH 4,7)				Amilaze stabile acid (pH 2,5)			
		5 zile		6 zile		5 zile		6 zile	
		un/ml	%	un/ml	%	un/ml	%	un/ml	%
3	5	76,01	149,98	29,09	142,32	66,53	117,63	37,16	97,58
	10	65,11	128,47	29,09	142,32	52,29	92,45	27,82	73,06
	15	65,11	128,47	27,36	133,85	52,29	92,45	26,24	68,91
4	5	79,64	157,14	32,55	159,24	66,53	117,63	38,87	102,07
	10	70,56	139,22	27,36	133,85	49,43	87,39	37,16	97,58
	15	66,92	132,05	27,36	133,85	46,59	82,37	30,97	81,33
5	5	72,37	142,79	29,09	142,32	63,67	112,57	37,16	97,58
	10	68,74	135,63	29,09	142,32	63,67	112,57	30,97	81,33
	15	57,84	114,13	25,64	125,44	43,74	77,33	27,82	73,06
Control	-	50,68	100,0	20,44	100,0	56,56	100,0	38,08	100,0

Analiza ulterioară a rezultatelor arată că tulpina studiată este sensibilă la adăugarea în mediul de cultivare a compușilor complecși ai zincului. În special a fost evidentă mai ales influența lor asupra activității enzimactice a amilazelor, ce îndeplinesc hidroliza produselor ce conțin amidon, la un pH de 4,7. Activitatea lor este semnificativ mai mare în mediile optimizate decât în cele de control. De exemplu, atunci când s-a utilizat complexul zincului cu nicotinamida (4), activitatea enzimatică în varianta experimentală a fost 79,64 u/ml, 70,56 u/ml și 66,92 u/ml în funcție de concentrația utilizată, comparativ cu 50,68 u/ml în cea de control.

După eficacitatea impactului substanței, compușii 3-5 este aproximativ aceeași. Concentrația optimă poate fi considerată egală cu 5 mg/l, oferind un efect stimulator ridicat – 42,79-57,14% (5 zile de cultivare). În ziua a 6-a efectul stimulator rămâne aproximativ la același nivel și este 42,32-59,24% față de martor.

Efectele compușilor testați asupra activității amilazelor acid-stabile a fost mai puțin eficiente. Efectul stimulator, la fel ca în cazul amilazelor instabile în mediu acid se manifestă în a 5-a zi de cultivare la aceeași concentrație – 5 mg/l și constituie 17,63% (3), 17,63% (4) 12,57% (5). Astfel, testarea compușilor complecși ai zincului cu diferiți liganzi a relevat faptul că acea concentrație aleasă în mod optim de 5 mg/l ei pot fi utilizați pentru a stimula biosinteza amilazelor micromicetei *Aspergillus niger* CNMN FD 06, atât la cele standard – 57,14% (pH 4,7), cât și la cele acidstabile 17,63% (pH 2,5).

Calcululele cuanto-chimice pot fi bazate pe aplicarea unor programe, una dintre ele fiind GAMESS, care are implementate diferite metode de calcul, începând cu cele de dinamică și mecanică moleculară, metode semiempirice, metode *ab initio* bazate pe teoria Hartree-Fock sau metode bazate pe teoria funcționalei de densitate și poate fi folosit pentru calcularea unei game foarte largi de proprietăți moleculare [110], precum:

- parametri geometrici (lungimi de legătură, unghiuri de valență, unghiuri diedre);
- energii totale, energii relative între conformeri sau tautomeri moleculari;
- energiile și forma orbitalilor moleculari;
- sarcini atomice parțiale;
- afinități electronice, potențiale de ionizare;
- spectre IR sau Raman (frecvențe de vibrație, intensități IR și activități Raman);
- spectre RMN (tensori de ecranare, deplasări chimice, constante de cuplaj spin-spin);
- spectre RES (tensori de cuplaj hiperfin, factori g);
- potențiale electrostatice moleculare;
- momente de dipol sau multipol, polarizabilități și hiperpolarizabilități;
- spectre UV-Vis;
- analize termochimice etc.

Toate aceste caracteristici și proprietăți pot fi calculate pentru molecule în stare fundamentală sau în stare excitată, în fază gazoasă, în soluție sau în stare solidă.

Realizarea calcululelor cuanto-chimice pentru moleculele/fenomenele programate permite formularea concluziilor mai precise referitor la finalitatea experimentului planificat [130-133].

3. Modalități de modelare a compoziției și structurii compușilor

Reconceptualizarea într-un ritm mai accelerat al predării-învățării-evaluării este determinată de necesitățile societății, bazate pe dezvoltarea tehnologiilor și evoluției paradigmei educaționale. Sistemul educațional are misiunea de a utiliza strategii eficiente de formare a competenței de utilizare a tehnologiilor informaționale de la operații simple, de inițiere, până la

realizarea sarcinilor complicate, cu manifestarea elementelor de creativitate și elaborarea produselor intelectuale noi. Diversitatea resurselor TIC, formarea deprinderilor de aplicare cu scopul soluționării diferitor situații, conjunctura circumstanțelor în care se desfășoară activitățile, determină condiții fertile pentru dezvoltarea stilului profesional individualizat, care creează premise pentru formarea specialiștilor pregătiți pentru confruntarea cu probleme specifice diferitor domenii, cu grad înalt de dificultate.

Unul dintre factorii determinanți în stimularea și promovarea activă a intercalării disciplinelor școlare cu TIC este posedarea competenței digitale de către cadrele didactice [134, 135, 136], care se formează și se dezvoltă în cadrul formării inițiale, continue și pe parcursul întregii vieți în baza experienței profesionale. Datorită dezvoltării rapide a tehnologiilor informaționale este necesară elaborarea unei metodologii de evoluție a conținuturilor atât la nivel de formare inițială, cât și continuă, care ar permite avantajarea cadrului didactic în epoca TIC-lui.

Utilizarea TIC în procesul instructiv-educativ la chimie prezintă o serie de avantaje: permite diversificarea strategiilor didactice; facilitează accesul elevilor la o gamă largă de informații, logic organizate, variat structurate, prezentate în modalități diferite de vizualizare; stimulează interesul și motivația față de ceva nou, motivează învățarea prin imagini ale obiectelor legate de viața cotidiană, prin experiențe chimice video, vizualizarea lor de câte ori este necesar; oferă posibilitatea simulării fenomenelor chimice, a utilizării unor imagini animate și dinamice, facilitând învățarea conținuturilor curriculare la chimie; permit utilizarea laboratoarelor virtuale pentru activități experimentale la calculator; permit realizarea evaluării continue la clasă, aprecierea obiectivă a rezultatelor și progreselor obținute de elevi, oferă posibilitatea chestionării pentru identificarea lacunelor în procesul de învățare, exclud copierea, evidențiază evoluția fiecărui elev; asigură integrarea cunoștințelor prin realizarea proiectelor individuale și în grup; oferă mecanisme eficiente pentru învățământul diferențiat și individualizat [137]; asigură crearea propriului traseu de dezvoltare profesională etc.

Una dintre sarcinile majore ale pedagogiei contemporane constă în elaborarea mecanismelor eficiente de integrare a instruirii cu cercetarea prin utilizarea tehnologiilor informaționale și a cunoștințelor pe domenii în baza prognozei necesităților cetățeanului societății de mâine. Realizarea acestei sarcini implică profunde conexiuni inter- și transdisciplinare. Este evident, că Chimia are cele mai strânse legături cu Fizica, Biologia, Ecologia însă în ultimul timp, datorită dezvoltării dinamice a tehnologiilor informaționale și implementării lor în diverse domenii, inclusiv cercetare și instruire, apare necesitatea elaborării diferitor strategii de dezvoltare la elevi și studenți a competenței de utilizare a TIC în domeniul chimiei.

După absolvirea facultății studenții vor obține competențe durabile, bazate pe interconexiunea domeniilor *Cunoștințe-Aplicare-Inovare*. Motivarea pentru o instruire conștientă [1138] și de calitate în domeniul Științe ale naturii și Științe exacte poate fi realizată doar în baza unor algoritmi bine analizați, în care instruirea și cercetarea sunt indispensabile și conduc la dezvoltarea competenței de cercetare cu formarea elementelor de gândire inovativă. La Chimie pot fi propuse mai multe modele care ar permite realizarea unor studii complexe a caracteristicilor moleculare, a proceselor chimice și care ar permite elevului/studentului să parcurgă de la: *substanțe simple* → *sinteza unor sisteme complexe* → *analiza compoziției și structurii* (în baza metodelor fizice și chimice de analiză) → *calcularea energiei moleculare* (determinarea posibilităților de substituție sau condensare la unele grupe funcționale, decurgerea unei sau altei reacții) → *determinarea proprietăților utile și a domeniilor de aplicare practică*.

O metodă de succes practică eficient în ultimii ani la diferite nivele ale cunoașterii este *modelarea*. Modelarea, ca metodă de învățare contribuie la cunoașterea într-un timp scurt a esențialului și caracteristicului referitor la obiecte, fenomene, procese, dezvoltând o învățare activă, cu o participare conștientă a elevului, îi antrenează gândirea logică și creatoare, dezvoltă inteligența, astfel devenind o metodă accesibilă și eficientă de învățare.

Atunci, când activitatea de învățare a elevilor este bazată pe modelare, ea dezvoltă creativitatea. Când elevii sunt puși în situații noi, intelectul începe să facă investigații, iar investigarea este un proces intelectual complex, caracterizat prin manifestarea de a căuta și dobândi noi informații. Procesul instructiv-educativ contemporan trebuie să fie axat pe un spirit euristic prin care elevii să fie capabili să descopere relații și caracteristici necunoscute, nu să fie pasivi și să accepte algoritmi și concepte dictate de profesor pentru obținerea noilor informații și cunoștințe.

Un mecanism destul de util pentru aplicarea unor strategii de eficientizare a procesului de instruire la chimie bazate pe modelare sunt calculele cuantă-chimice, care permit celui instruit să modeleze și să vizualizeze molecule, să determine stabilitatea sistemelor, să pătrundă în esența unor fenomene, să înțeleagă unele procese în baza legilor fizicii, să calculeze energia unor sisteme, să prognozeze direcția desfășurării unor reacții, mecanismele de substituție etc. Aceste aplicații pot fi utilizate în procesul de instruire din clasele gimnaziale și continuate la treapta liceală, pentru a forma și dezvolta competențe practice de utilizare a unor programe și soft-uri specifice chimiei. Tehnologia didactică de studiu a moleculelor, fenomenelor și proceselor din cadrul cursului școlar/universitar, precum și pentru aplicarea unor metode de studiu mai complicate poate fi bazată pe utilizarea mai multor programe moderne. Una dintre ele este GAMESS, care conține diferite metode de calcul, începând cu cele de dinamică și mecanică moleculară, metode semiempirice,

metode *ab initio* bazate pe teoria Hartree-Fock sau metode bazate pe teoria funcționalei de densitate și poate fi folosit pentru calculul unei game foarte largi de proprietăți moleculare.

Studiile cuanto-chimice a sistemelor energetice și fenomenelor în cadrul cursului de chimie permite înțelegerea profundă a unor aspecte ce țin de starea energetică, configurația spațială, arhitectura moleculară, prognozarea modificărilor moleculare, a proprietăților manifestate etc.

Calcululele cuanto-chimice pot fi utilizate atât în cadrul cursului preuniversitar de chimie anorganică, cât și a celui de chimie organică, chimie analitică etc. Ca exemplu de aplicare a acestei metode este efectuarea calculului în baza unor molecule anorganice (amoniac, acid azotic, peroxid de hidrogen) și organice (acid formic, etan, ureea) cu determinarea stării energetice a celei mai stabile configurații.

Utilizarea acestor metode de calcul cuanto-chimic permite transferul de cunoștințe/tehnologii din domeniul cercetare și implementarea în procesul educațional cu efect pozitiv pentru însușirea mai eficientă a materiei studiate. Stabilitatea moleculei depinde de energia totală a sistemului (cu cât energia este mai mică, cu atât sistemul este mai stabil). Pentru determinarea energiei moleculei se examinează toate conformațiile posibile pentru a identifica cea mai stabilă formă. Acest proces permite elevilor de a analiza diferite variante ale arhitecturii structurale ale moleculelor și a ajunge în baza calculului cuanto-chimic la modelul optimal.

Astfel, chimia modernă reprezintă un domeniu al cărui rezultate concrete contribuie cu o pondere substanțială la dezvoltarea societății umane. Diversitatea mare a compușilor organici este condiționată de fenomenul izomeriei, care constă în existența a mai multor combinații cu aceeași compoziție moleculară, dar structură și proprietăți diferite. În școală, precum și la universitate, de cele mai dese ori se examinează doar izomerii posibili ai unui compus organic, dar nu și starea energetică a lor. Din multitudinea de izomeri analizați pe cale teoretică, doar cel cu configurația moleculară mai avantajoasă din punct de vedere energetic există, însă profesorii, în cele mai dese cazuri, nu dispun de posibilitatea de a calcula starea energetică a sistemului molecular.

În calitate de obiect de studiu pot fi propuse reacțiile radicalice la unele hidrocarburi. Formarea abilităților de utilizare a metodologiei cu caracter interdisciplinar, care integrează elemente din chimie, fizică, informatică creează premise pentru realizarea unor studii complexe și profunde cu scopul elucidării proceselor chimice în baza calculului modificării stării energetice a sistemelor moleculare. Acest proces permite elevilor de a consolida competențele în domeniul disciplinelor de studiu și al tehnologiilor informaționale. În baza calculului cuanto-chimic poate fi determinat profilul energetic al unor reacții chimice, fapt care ne permite o prognoză reală în planul posibilității desfășurării procesului chimic.

Cu scopul organizării unor studii profunde se propune analiza unui model de aplicare integrată instruire-cercetare, în care reacția de condensare a moleculelor organice este studiată în baza calculelor cuanto-chimice, care permite determinarea energeticii proceselor studiate și a probabilității decurgerii reacțiilor chimice. Utilizarea metodelor de calcul a energeticii proceselor de substituție a liganzilor din compuși coordinativi oferă posibilitatea studierii proceselor de concurență a diferitor molecule la coordinare cu ionul central, fapt care permite analiza ulterioară a cauzelor și formularea concluziilor referitor la gradul de probabilitate a formării unor compuși coordinativi în baza calculelor teoretice.

În acest context, utilizând metodele de studiu cuanto-chimic în baza calculatorului obținem un model interdisciplinar eficient și atractiv, care argumentează necesitatea și utilitatea instruirii conștiente la chimie. Modelul se recomandă pentru utilizare în cadrul cursurilor universitare, iar în învățământul general – opțional – pentru dezvoltarea elevilor cointeresați sau explicarea unor fenomene cu grad de dificultate sporit [130-133, 139, 140].

Aplicarea metodelor de calcul cuanto-chimic în cadrul orelor cu studenții la disciplinele Chimie cuantică, Modelare computațională în chimie, Tehnologii informaționale aplicate în chimie etc. (specialitățile Chimie, Chimie și Biologie) permite formarea abilităților de prelucrare a datelor la calculator, de creare a unor modele moleculare, de dezvoltare a imaginației în domeniul arhitecturii moleculare și analizei moleculei în 3D, studiul proceselor de substituție etc.

Este importantă conștientizarea necesității calculelor pentru studiul sistemelor moleculare, însușirea algoritmului de realizare a operațiilor, realizarea sarcinilor individuale pe diferite molecule și în final – dezvoltarea propriilor idei de studiu a unor sisteme moleculare. După însușirea acestor metode, studenții obțin abilități valoroase pentru prelucrarea materialului, elaborarea unor imagini grafice, obținerea datelor noi, elaborarea tezelor de licență/master în conformitate cu standardele înalte din domeniu, iar experiența obținută poate fi aplicată ulterior în activitatea didactică.

Modelarea sistemelor moleculare

În calitate de modele au fost folosite moleculele de amoniac, acid azotic, peroxid de hidrogen, acid formic, etan, uree, hexan, compuși coordinativi etc.) [141]. A fost studiată atât starea energetică a unor sisteme chimice, cât și profilul energetic al unor reacțiile intermediare.

Cu ajutorul metodelor de calcule cuanto-chimice pot fi corelați și prognozați o serie de parametri ce țin de structură moleculară, proprietăți fizice/chimice/biologice etc. Utilizarea metodelor de studii cuanto-chimice în sistemul educațional preuniversitar ar permite crearea unui set de abilități valoroase pentru unii elevi care ar putea ulterior să-și dezvolte propriul stil de cercetare în baza tehnologiilor informaționale, a resurselor electronice care evoluează rapid.

Programul GAMESS poate fi folosit nu numai pentru studiul moleculelor propriu-zise, dar și a reacțiilor cu participarea acestora, pentru studiul interacțiunilor intermoleculare, fiind extrem de util în special în cazul speciilor moleculare reactive care sunt dificil sau chiar imposibil de studiat prin metode experimentale.

Acest studiu al energiei sistemelor moleculare este în întregime bazat pe calcule cuantochimice, precum și prelucrarea lor teoretică, operații care pot fi recomandate cadrelor didactice preuniversitare pentru implementarea în practica profesională. Programul GAMESS efectuează calculele reieșind din datele introduse. În fișierele inițiale sunt introduși toți parametrii programului (exemplul unui asemenea fișier este prezentat mai jos).

```
$contrl scftyp=rhf runtyp=optimize mult=1 icharg=0 $end
$contrl maxit=300 $end
$system memory=10000000 timlim=1200 $end
$basis gbasis=n31 ngauss=6 $end
$guess guess=huckel $end
$scf damp=.true. $end
$data
molecula NH3
Cn 1
N      7.0   0.00   0.00   0.00
H      1.0   1.00   0.00   0.00
H      1.0  -0.50   1.00   0.00
H      1.0  -0.50  -1.00   0.00
$END
```

Prezentăm în continuare câteva exemple de produse realizate de studenți:

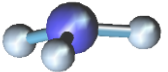
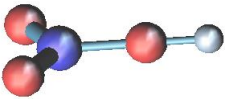
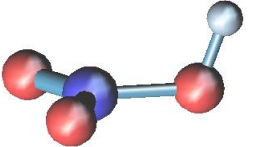
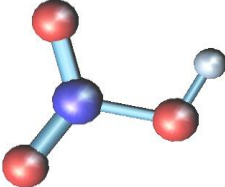
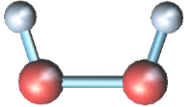
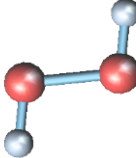
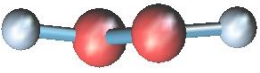
În Tabelul 2.9 sunt reprezentate structurile și parametrii geometrici ale unor molecule studiate de compuși anorganici: NH₃, HNO₃, H₂O₂, HCOOH, C₂H₆, H₂NCONH₂.

Pentru molecula de amoniac au fost studiate teoretic două forme geometrice cu simetriile respective C₃ și C_{3v}. În cazul simetriei C₃ molecula este planară, iar în cazul simetriei C_{3v} este o piramidă triunghiulară.

Analizând din punct de vedere energetic observăm că specia cu simetria mai înaltă (C_{3v}) are o energie mai joasă cu 0,38 kcal/mol, ceea ce ne demonstrează că forma piramidală este mai stabilă decât cea planară.

Analizând parametrii geometrici calculați teoretic cu cei din literatură, observăm că aceștia demonstrează o corelare bună [142].

Tabelul 2.9. Structura moleculelor, energia totală, parametrii geometrici teoretici și experimentali ai unor compuși anorganici

Nr	Structura	Parametrii geometrici		Energia totală (u. a. e.)
		Calculați	Literatură	
1a	 amoniac (C_3)	$R(N-H)=0,99$ $\angle HNH=120,0$		-56,1649
1b	 amoniac (C_{3v})	$R(N-H)=0,99$ $\angle HNH=116,12$	$R(N-H)=1,02$ $\angle HNH=107,8$	-56,1655
2a	 acid azotic (C_{2v})	$R(N=O)=1,21$ $R(N-O)=1,31$ $R(O-H)=0,95$ $\angle ONO=127,42$ $\angle ONO=116,29$ $\angle NOH=180$ $\delta ONOH=0$		-279,2151
2b	 acid azotic (C_s)	$R(N=O)=1,21$ $R(N-O)=1,37$ $R(O-H)=0,96$ $\angle ONO=128,41$ $\angle ONO=115,77$ $\angle NOH=109,48$ $\delta ONOH=91,25$		-279,2662
2c	 acid azotic (C_1)	$R(N=O)=1,22$ $R(N-O)=1,37$ $R(O-H)=0,96$ $\angle ONO=128,65$ $\angle ONO=115,01$ $\angle ONO=116,34$ $\angle NOH=108,14$ $\delta ONOH=0$	$R(N=O)=1,21$ $R(N-O)=1,40$ $R(O-H)=0,96$ $\angle ONO=130,27$ $\angle ONO=113,85$ $\angle ONO=115,88$ $\angle NOH=108,14$ $\delta ONOH=0$	-279,2784
3a	 peroxid de hidrogen ($D_{\infty h}$)	$R(O-H)=0,94$ $R(O-O)=1,33$ $\angle OOH=180$ $\delta HOOH=0$		-150,4853
3b	 peroxid de hidrogen (C_{2v})	$R(O-H)=0,96$ $R(O-O)=1,46$ $\angle OOH=108,38$ $\delta HOOH=0$		-150,6918
3c	 peroxid de hidrogen (C_{2h})	$R(O-H)=0,95$ $R(O-O)=1,46$ $\angle OOH=101,18$ $\delta HOOH=180$		-150,7080
3d	 peroxid de hidrogen (C_2)	$R(O-H)=0,95$ $R(O-O)=1,46$ $\angle OOH=101,23$ $\delta HOOH=170,51$	$R(O-H)=0,99$ $R(O-O)=1,46$ $\angle OOH=101,9$ $\delta HOOH=90,2$	-150,7100

O altă moleculă analizată a fost molecula acidului azotic, pentru care au fost studiate 3 forme geometrice ce se deosebesc prin simetriile C_{2v} , C_s , C_1 (Tabelul 2.9. (2a, 2b, 2c)). Pentru specia (2c) parametrii geometrici calculați sunt în corelare cu datele din literatură, fiind o configurație planară și mai stabilă față de celelalte două (energia totală este mai mică).

Forma (2a) de asemenea este planară, dar aceste două specii (2a și 2c) se deosebesc prin valoarea unghiului $\angle NOH$, care este de $180^\circ C$ și $108^\circ 143'$, respectiv [143].

În cazul peroxidului de hidrogen au fost analizate patru configurații geometrice ce se deosebesc prin simetriile $D_{\infty h}$, C_{2v} , C_{2h} și C_2 (Tabelul 2.9. (3a, 3b, 3c, 3d)). Calculele cuantochimice ale moleculei de peroxid de hidrogen, descrise în literatura de specialitate [144], sunt dedicate determinării parametrilor de echilibru geometric și a barierei (*cis*-, *trans*-) pentru rotațiile interne.

Analiza întregului potențial adiabatic de energie a moleculei de H_2O_2 , precum și motivele care cauzează reducerea echilibrului simetric al configurației nucleare trebuie totuși luate în considerație.

În acest caz investigațiile au început de la cea mai înaltă simetrie posibilă $D_{\infty h}$, au fost analizate distorsiunile planare ale stărilor de tranziție *cis*-(C_{2v}) și *trans*-(C_{2h}), apoi forma de „carte deschisă” (C_2) și s-a demonstrat că la fiecare pas denaturarea moleculei este însoțită de o scădere a simetriei configurației nucleare și o micșorare a energiei totale a configurației respective (Tabelul 2.9. (3a, 3b, 3c, 3d)). Diferența de energie dintre configurația $D_{\infty h}$ și C_2 este de 141 kcal/mol.

Studiile cuantochimice pot fi utilizate cu succes și pentru a stabili energia moleculară a diferitor compuși organici.

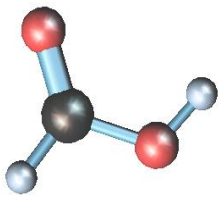
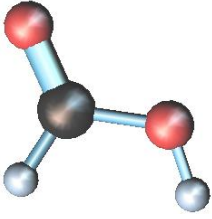
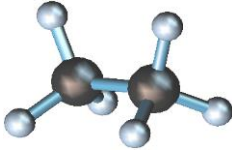
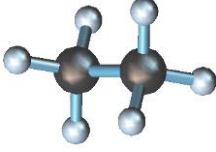
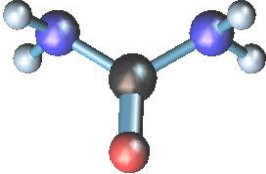
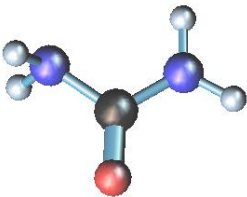
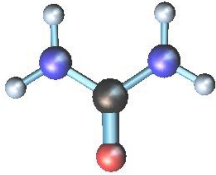
Ca exemplu pot fi aduse calculele pentru unele molecule organice simple (acid formic, etan, uree – Tabelul 2.10).

În cazul moleculei acidului formic din cauza lipsei de simetrie a fost studiată o singură forma structurală cu simetria C_1 . Această moleculă este planară cu atomul de hidrogen legat de oxigen în raza unghiului OCO cu o energie de stabilizare de -188,6655 u.a.e. Comparând parametrii geometrici calculați teoretic cu cei din literatură, observăm că sunt într-o corelare bună [145].

Pentru această moleculă a fost calculată și structura când atomul de hidrogen se află în raza unghiului HCO și observăm că energia este mai înaltă cu 6,67 kcal/mol, adică mai puțin stabilă.

Pentru molecula de etan au fost studiate teoretic două forme geometrice cu simetriile respective D_{3h} și D_{3d} (Tabelul 2.10 (2a, 2b)).

Tabelul 2.10. Structura moleculelor, energia totală, parametrii geometrici teoretici și experimentali ai unor compuși organici

Nr	Structura	Parametrii geometrici		Energia totală (u.a.e.)
		Calculați	Literatură	
1a	 acid formic (C ₁)	R(C=O)=1,21 R(C-O)=1,34 R(C-H)=1,07 R(O-H)=0,95 <HOC=114,92 <OCO=124,44 <OCH=124,94 <HCO=110,62	R(C=O)=1,23 R(C-O)=1,32 R(C-H)=1,1 R(O-H)=0,97 <HOC=106 <OCO=125 <OCH=124 <HCO=111	- 188,6655
1b	 acid formic (C ₁)	R(C=O)=1,20 R(C-O)=1,35 R(C-H)=1,08 R(O-H)=0,95 <HOC=116,66 <OCO=122,33 <OCH=122,87 <HCO=114,79		- 188,6547
2a	 etan (D _{3h})	R(C-C)=1,54 R(C-H)=1,08 <CCH=111,12 <HCH=107,77 δHCCH=0		- 79,0614
2b	 etan (D _{3d})	R(C-C)=1,53 R(C-H)=1,08 <CCH=110,71 <HCH=108,21 δHCCH=59,99	R(C-C)=1,53 R(C-H)=1,10 <CCH=111,17 <HCH=109,5	- 79,0660
3a	 uree (C ₁)	R(C=O)=1,21 R(C-N)=1,42 R(N-H)=0,99 <OCN=121,74 <CNH=115,64 <HNH=113,39 δOCNH=67,98		- 223,8273
3b	 uree (C ₁)	R(C=O)=1,22 R(C-N)=1,35 R(N-H)=0,99 <OCN=123,38 <CNH=119,67 <HNH=120,30 δOCNH=0 δNCNH=115,59		- 223,8706
3c	 uree (C _{2v})	R(C=O)=1,23 R(C-N)=1,36 R(N-H)=0,99 <OCN=122,06 <CNH=123,69 <HNH=118,80 <HNC=117,15	R(C=O)=1,21 R(C-N)=1,38 R(N-H)=1,01 <OCN=123 <CNH=113,3 <HNH=114,7 <HNC=118,0	- 223,8906

În cazul simetriei D_{3h} atomii de hidrogen simetrici de-a lungul moleculei se află într-un plan (conformație ecranată), iar în cazul simetriei D_{3d} atomii de hidrogen nu sunt într-un plan (conformație intercalată). Din punct de vedere energetic specia cu simetria (D_{3d}) are o energie mai joasă cu 2,88 kcal/mol, comparativ cu cea cunoscută din literatură de 2,90 kcal/mol, ceea ce demonstrează că forma neplanară a atomilor de hidrogen este mai stabilă ca cea planară. Comparând parametrii geometrici calculați teoretic cu cei din literatură, observăm că acestea prezintă o corelare bună [146].

Molecula de uree a fost studiată teoretic în baza a 3 forme structurale (Tabelul 2.10, 3a, 3b și 3c.). Analiza comparativă a energiei configurațiilor analizate a scos în evidență, că simetria C_{2v} are cea mai joasă energie. În baza energiilor obținute s-a construit profilul energetic pentru această moleculă (Figura 2.20).

Realizarea acestor calcule cuanto-chimice permite ca elevii să înțeleagă care dintre formele moleculare studiate are o probabilitate mai mare de existență.

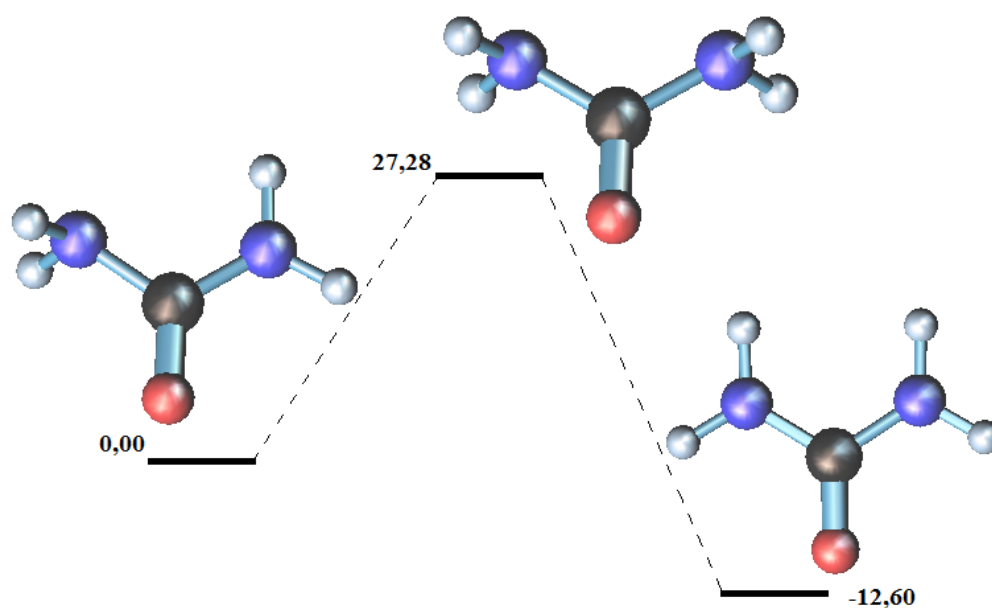


Fig. 2.20. Profilul energetic pentru molecula de uree

Utilizarea acestor metode cuanto-chimice de calcul în cadrul orelor cu studenții la disciplinele Chimie cuantică, Modelare computațională în chimie, Tehnologii informaționale aplicate în chimie etc. (specialitățile Chimie, Chimie și biologie) permite formarea abilităților de prelucrare a datelor la calculator, de creare a unor modele moleculare, de dezvoltare a imaginației în domeniul arhitecturii moleculare și analizei moleculei în 3D, studiul proceselor de substituție [147] etc.

Este importantă conștientizarea necesității calculelor pentru studiul sistemelor moleculare, însușirea algoritmului de realizare a operațiilor, realizarea sarcinilor individuale pe diferite molecule și în final – dezvoltarea propriilor idei de studiu a unor sisteme moleculare.

După însușirea acestor metode, studenții obțin abilități valoroase pentru prelucrarea materialului, elaborarea unor imagini grafice, obținerea datelor noi, elaborarea tezelor de licență/master în conformitate cu standardele înalte din domeniu, iar experiența obținută poate fi aplicată ulterior în activitatea didactică.

Modelarea unor fenomene chimice

Ca obiect de studiu s-a propus folosirea unei combinații organice cu compoziția moleculară C_nH_{2n+2} (C_6H_{14} – hexanul), care posedă 5 izomeri de catenă.

Rezultatele obținute la modelarea structurilor geometrice a izomerilor studiați s-au realizat în baza Teoriei Funcționalei de Densitate (DFT/TFD) cu funcționala hibridă de schimb-corelație B3LYP (Becke cu corelația funcțională a trei parametri Lee, Yang și Parr).

Calculele au fost realizate folosind setul de programe moderne GAUSSIAN 09. Pentru toate calculele efectuate s-a folosit simetria spațială C1. La optimizarea structurilor a cinci izomeri ai hexanului s-a folosit funcționala hibridă de schimb-corelație B3LYP și seturile de bază standard 6-311G pentru atomii de carbon și hidrogen.

Optimizarea decurge în mai multe etape, unde pentru fiecare modificare a coordonatelor se calculează energia electronilor în configurația dată a nucleelor (Tabelul 2.11).

**Tabelul 2.11. Energia totală (u.a.e) și gap energy ΔE (kJ/mol)
a izomerilor hexanului studiați**

Nr.	Denumirea izomerului	E_{tot} (u.a.e)	$\Delta E = E_{LUMO} - E_{HOMO}$
1	n-hexan	-237,0794	9,71
2	2-metilpentan	-237,0790	9,62
3	3-metilpentan	-237,0775	9,56
4	2,2-dimetilbutan	-237,0770	9,39
5	2,3-dimetilbutan	-237,0787	9,49

Conform rezultatelor (Tabelul 2.11) s-a construit curba energetică relativă a izomerilor studiați, pornind de la structura hexanului cu micșorarea catenei principale până la patru atomi de carbon (Figura 2.21).

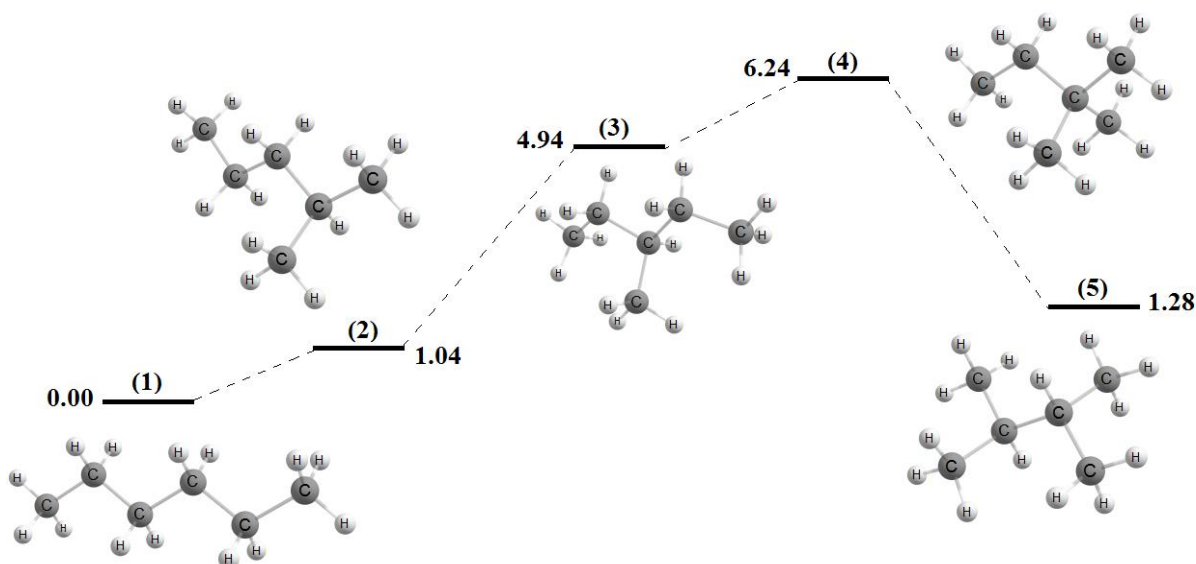


Fig. 2.21. Energia de stabilizare a izomerilor hexanului (kJ/mol)

S-a studiat structura și stabilitatea energetică a izomerilor moleculei de hexan. Energetic vorbind, cel mai stabil izomer este hexanul, iar cel mai puțin stabil este 2,2-dimetilbutanul, cu energia de stabilizare de 6,24 kJ/mol. Metoda descrisă poate fi aplicată pentru determinarea stării energetice a moleculelor organice atât la nivel universitar, cât și preuniversitar [139].

Modelarea unor procese chimice

De asemenea, cu ajutorul calculelor cuanto-chimice se poate studia profilul energetic al unor reacții intermediare ce au loc în diferite procese, spre exemplu, de descompunere a peroxidului de hidrogen.

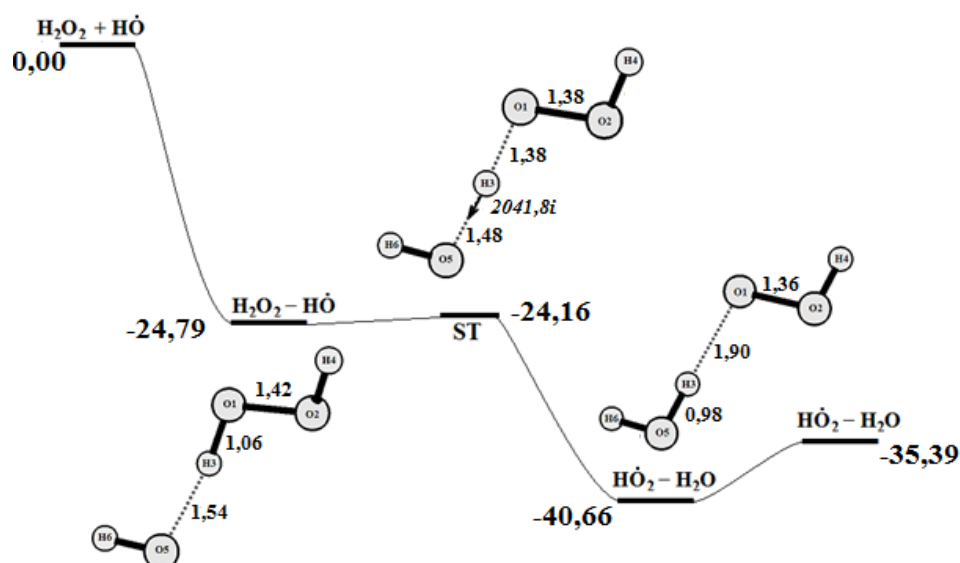


Fig. 2.22. Profilul energetic de formare a radicalului $\text{HO}_2^\bullet$ prin interacțiunea peroxidului de hidrogen cu radicalul $\text{HO}^\bullet$

Caz concret: reacția radicalică $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{HO}^\bullet = \text{HO}_2^\bullet + \text{H}_2\text{O}$, pentru care a fost analizată interacțiunea peroxidului de hidrogen cu radicalul hidroxil $\text{HO}^\bullet$ și conform ecuației reacției s-a studiat profilul energetic [148].

În Figura 2.22 este prezentat schematic profilul energetic al acestei reacții.

Calcululele arată că complexul pre-reacție are o energie de legătură de -24,79 kcal/mol, energia stării de tranziție este de -24,16 kcal/mol, iar complexul post-reacție are o energie de stabilizare de -40,66 kcal/mol. Energia de activare a acestei reacții are o valoare de 0,63 kcal/mol.

Unele concepte întâlnite în acest studiu sunt abstracte și sunt greu de ilustrat fără modelarea dinamică și colorată, acestea fiind posibile folosind tehnologiile informaționale. Metoda este aplicabilă în cadrul majorității cursurilor din domeniul chimiei.

În cadrul stagiilor de practică, studenții își formează anumite competențe ce țin de analiza și sinteza surselor bibliografice pe domeniul stabilit, cunoștințe și deprinderi practice de utilizare a veselei, reactivilor și a unor metode instrumentale de analiză, metode de calcul cuanto-chimic, modelare la calculator, care în final aceste abilități și deprinderi se vor regăsi în elaborarea și susținerea tezei de licență sau master.

La absolvire, în fiecare an sunt admise la susținere teze de licență/master cu tematică legată de calcule cuanto-chimice, modelare chimică la calculator (Tabelul 2.12, Figura 2.23).

Tabelul 2.12. Numărul de teze susținute la ciclul I și ciclul II cu tematica în domeniul chimiei teoretice

Anii	Licență (zi)			Licență (FR)			Master		
	- chimie - chimie și biologie - chimie și fizică - biologie și chimie			chimie			- chimie contemporană și tehnologii educaționale - chimie ecologică		
	Total teze, nr.	Teze la chimia teoretică, nr.	Pondere, %	Total teze, nr.	Teze la chimia teoretică, nr.	Pondere, %	Total teze, nr.	Teze la chimia teoretică, nr.	Pondere, %
2013	25	3	12,0	36	1	2,78	13	0	0
2014	9	2	22,22	26	0	0	19	0	0
2015	20	1	5,0	20	0	0	23	1	4,35
2016	6	1	16,67	18	2	11,11	24	0	0
2017	8	1	12,5	17	0	0	17	0	0
2018	5	1	20,0	7	1	14,29	14	0	0

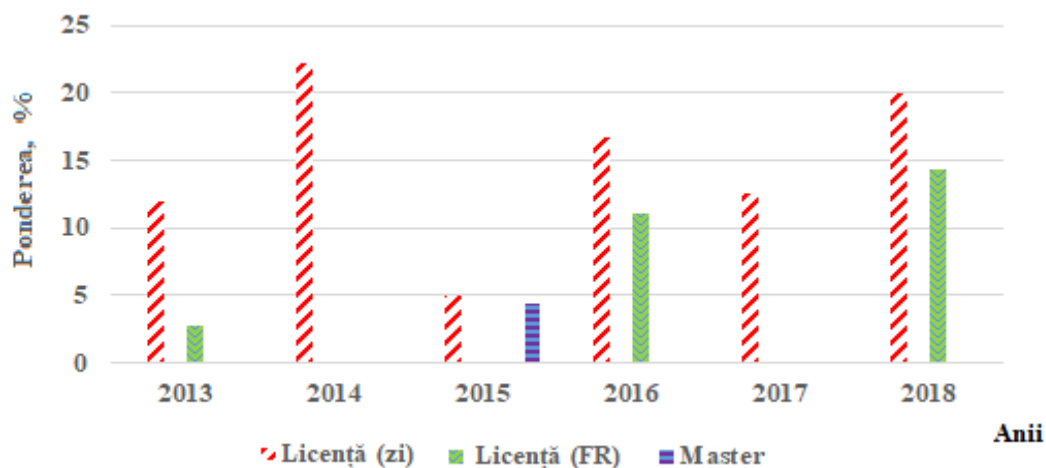


Fig. 2.23. Ponderea (%) tezelor cu tematică în domeniul chimiei teoretice

Un profesor de chimie poate transforma o oră monotonă în una atractivă pentru studenți folosind softuri educaționale cu lecții interactive bazate pe modelări 3D, prin care studenții au asigurată înțelegerea logică și profundă a modelării chimice și o învățare eficientă și temeinică, fapt care iese în evidență în procesul de evaluare a studenților, spre exemplu, în cadrul cursului Modelare computațională în chimie, rezultatul manifestându-se prin obținerea rezultatelor înalte comparative cu alte cursuri.

Utilizarea metodelor de studiu cuanto-chimic în baza calculatorului conduc la formarea unui model interdisciplinar eficient și atractiv de studiu: moleculă/fenomen → suportul tehnologiilor informaționale → studii cuanto-chimice → conștientizarea corelației compoziție-structură-proprietăți → motivare pentru instruire și formarea competențelor specifice chimiei.

4. Auditul ecologic și modalități de determinare a calității factorilor de mediu

Progresul tehnico-științific fără precedent din ultimul secol a adus alături de beneficii și unele dezavantaje: irosirea fără precedent a resurselor și poluarea mediului înconjurător. Exploatarea intensă a resurselor naturale se răsfrânge negativ asupra calității factorilor de mediu. Avantajele și confortul asigurat de tehnologiile care cunosc o evoluție continuă creează o dependență periculoasă, care îndepărtează tot mai mult omul contemporan de la mediul natural, formând o deprindere de acceptare psihologică a degradării constante a stării mediului ambiant. Această tendință în creștere și periculoasă poate fi oprită doar prin cultivarea atitudinii grijului față de mediul în care trăim, lucru care poate fi implementat cu succes în procesul educațional, în mod special la disciplinele din domeniul Științe ale naturii.

Conștientizarea faptului că resursele naturale nu sunt inepuizabile și că exploatarea pe principii pur economice induce transformări de multe ori ireversibile a determinat apariția și

introducerea în cadrul activităților economice a conceptelor și principiilor dezvoltării durabile. Tot mai multe state încep să ia măsuri speciale pentru asigurarea unei exploatare raționale a resurselor naturale. Pe măsură ce legislația aplicabilă în domeniul protecției mediului va deveni tot mai strictă, principiile dezvoltării sustenabile și codurile de bune practici din domeniul protecției mediului vor fi transformate din recomandări în norme obligatorii. Această adaptare ar trebui făcută printr-o mai mare flexibilitate legislativă, prin stimularea inițiativelor voluntare alături de majorarea penalităților pentru încălcări ale legislației din domeniu, prin facilitarea și subvenționarea transferului de tehnologie între instituțiile academice, de cercetare și industrie.

Instruirea ecologică reprezintă o componentă de bază în rezolvarea unor probleme de mediu pe parcursul studierii chimiei și este ca o parte componentă a curriculumului preuniversitar și universitar [149]. Pentru ca un student, viitor profesor de chimie, să-și formeze și să-și dezvolte competența ecologică, este necesar:

- să posede un sistem de cunoștințe specifice domeniului, conturat de conținuturi aferente în limita curriculum-ului universitar de bază;
- să posede capacități de utilizare și aplicare a cunoștințelor dobândite în activități de predare-învățare-evaluare, realizând astfel funcționalitatea cunoștințelor obținute;
- să dispună de capacități și calități explorative, investigaționale, rezolutive;
- să integreze și să mobilizeze achizițiile personale, manifestând, în diverse situații școlare și cotidiene, comportamente adecvate valorilor și atitudinilor preconizate.

Pentru realizarea educației ecologice a elevilor, este necesar ca viitorul profesor de chimie să fie ajutat să înțeleagă importanța:

- însușirii experienței social-ecologice prin transpunerea ei în sistemul *profesor–mediu natural* și rezultarea unor schimbări de comportament personal și comportament al elevilor;
- colaborării cu actorii angajați în alte sectoare de activitate și formării capacităților de inițiere și dezvoltare a acestei colaborări.

Ecologia este în prezent o știință interdisciplinară mai ales prin faptul că utilizează metode, concepte și noțiuni specifice altor științe și discipline științifice în scopul abordării eficiente a problematicii specifice, dar se poate vorbi și de subdiviziuni sau ramuri ale ecologiei, care au apărut ca urmare a necesității de aprofundare a anumitor aspecte ale studiului ecologic.

Datorita diversificării problematicii abordate și a complexității aspectelor studiate, ecologia are conexiuni cu diverse științe sau ramuri ale acestora cum sunt: matematica, în special statistica, utilizată de exemplu în studiile de dinamică a populațiilor, fizica, chimia, biologia etc.

În acest aspect studenții care elaborează teze de licență/master posedă și utilizează un ansamblu de competențe cu caracter interdisciplinar.

Practic, la absolvire, în fiecare an sunt admise la susținere teze de licență/master cu tematică ecologică (Tabelul 2.13, Figura 2.24).

Tabelul 2.13. Numărul de teze susținute la ciclul I și ciclul II cu tematică ecologică

Anii	Licență (zi)			Licență (FR)			Master		
	- chimie - chimie și biologie - chimie și fizică - biologie și chimie			chimie			- chimie contemporană și tehnologii educaționale - chimie ecologică		
	Total teze, nr.	Teze cu tematică ecologică, nr.	Pondere, %	Total teze, nr.	Teze cu tematică ecologică, nr.	Pondere, %	Total teze, nr.	Teze cu tematică ecologică, nr.	Pondere, %
2013	25	7	28,0	36	6	16,7	13	4	30,8
2014	9	2	22,2	26	5	19,2	19	4	21,0
2015	20	1	5,0	20	2	10,0	23	5	21,7
2016	6	0	0	18	1	5,5	24	5	20,8
2017	8	1	12,5	17	2	11,8	17	1	5,9
2018	5	2	40,0	7	2	28,6	14	5	35,7

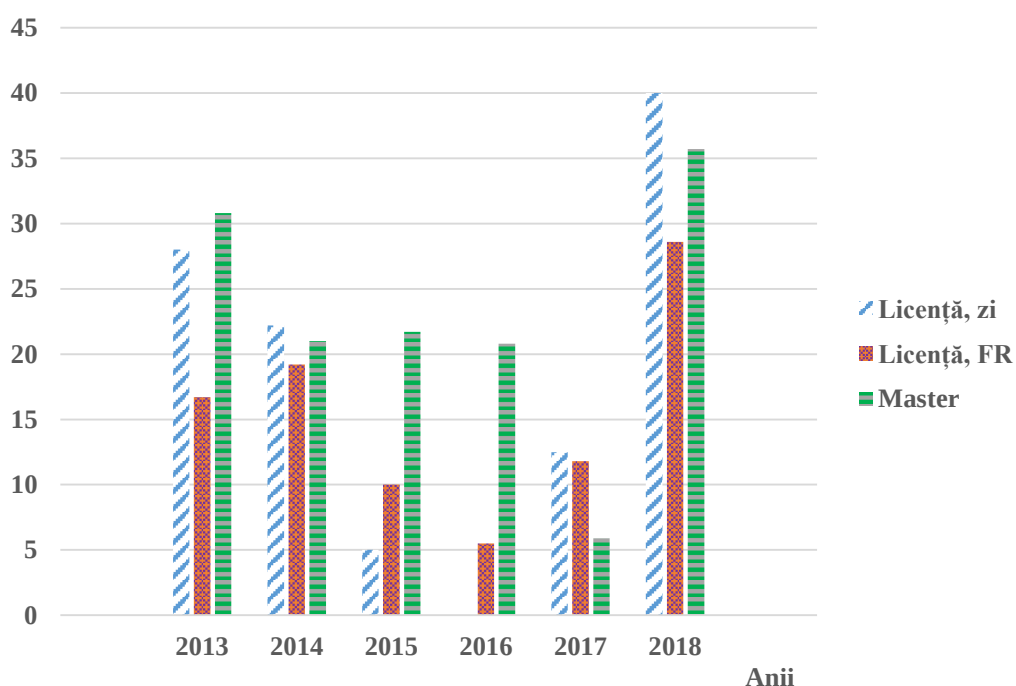


Fig. 2.24. Pondere (%) tezelor cu tematică ecologică

Tezele cu tematică ecologică sunt axate preponderent pe determinarea unor indici chimici de calitate din unele surse de apă subterană și de suprafață, conținutul unor componenți chimici din sol, procedee de purificare a apei de la stațiile de epurare, audit ecologic etc., în special din localitățile de baștină ale studenților. În rezultatul cercetărilor ecologice studenții absolvenți își

formează unele aptitudini, deprinderi ce țin de competența ecologică, își schimbă atitudinea, comportamentul față de mediul ambiant, devin mai conștienți de faptul că tot ceea ce ne înconjoară trebuie de folosit rațional și de protejat.

Toate aceste momente se revăd în teze, prin aceea că practic fiecare absolvent vine în final cu anumite recomandări pentru ameliorarea situației, cum ar fi: minimalizarea acțiunii antropice asupra poluării surselor de apă potabilă (subterană și de suprafață), a solului, aerului etc., unii din ei au elaborat și acte de implementare a rezultatelor obținute cu administrația publică locală, prin prezentarea rezultatelor cercetării și a recomandărilor ce pot fi realizate de fiecare individual, cât și colectiv. Alt moment important constă în faptul, că proaspătul absolvent fiind angajat în calitate de profesor de chimie va fi capabil să formeze și să dezvolte la elevi competența ecologică prin implicarea în diferite activități de salubritate a satului/orașului natal, diferite proiecte ce țin de estimarea gradului de poluare a apelor din fântâni, a solului, care în final ar duce la sporirea gradului de responsabilizare și de creștere a conștiinței ecologice a elevilor, cât și a localnicilor.

În rezultatul unei cercetări ecologice studenții chimiști își vor forma și dezvolta unele abilități, deprinderi și cunoștințe, care le vor permite să:

- utilizeze noțiuni, norme și principii cu caracter ecologic;
- proiecteze acțiuni de soluționare a problemelor referitoare la starea mediului ambiant;
- identifice caracteristicile componentelor mediului ambiant;
- investigheze starea ecologică a mediului ambiant;
- dezvolte unele stări de comportament responsabile față de mediului ambiant;
- soluționeze unele probleme ecologice și să propună modalități de soluționare și îmbunătățire a condițiilor de mediu;
- să construiască modele de evaluare orientate spre rezultat: *informații → activități → efecte → rezultate → impact*.

În rezultatul studiului s-a constatat, că nivelul competențelor care vizează problemele ecologice este, în general, satisfăcător și cercetările cu caracter ecologic au avut un impact pozitiv asupra formării competențelor și mai ales, asupra abilității de a sugera o soluție potrivită și corectă pentru problemele ecologice, de a argumenta rezultatele obținute și de a le compara cu cele teoretice, astfel sporind nivelul de conștientizare și alfabetizare ecologică a viitorilor profesori de chimie. Cunoștințele vaste, privind problemele ecologice nu conduc, neapărat, la formarea unor atitudini pozitive, efecte, sentimente și comportament pozitiv pentru mediu. Studenții cu atitudini și sentimente pozitive față de mediu au dat dovadă de un comportament ecologic adecvat.

În final aceste abilități vor conduce la formarea competenței profesionale inițiale a viitorilor specialiști din domeniul chimiei pentru învățământul general și poate fi considerată un nivel de

performanță profesională. În rezultat, specialistul chimist profesor va fi capabil să decidă asupra selectării unor soluții metodologice de educație ecologică a elevilor și să le aplice, în funcție de contextul situațional în care se desfășoară activitatea și să le evalueze/autoevalueze în baza unor criterii determinate de eficiența/eficacitatea procesului educațional.

Procesul de formare a competenței profesionale inițiale a studenților chimiști, din perspectiva educației ecologice prevede câteva etape, cum ar fi:

- ✓ achiziționarea de către studenți a unui volum de cunoștințe care ar favoriza dezvoltarea gândirii interdisciplinare;
- ✓ selectarea metodelor speciale de instruire și educație ecologică pentru rezolvarea problemelor ecologice;
- ✓ formarea abilităților și deprinderilor necesare pentru a acționa în colectiv și de unul singur în folosul societății.

Putem constata că procesul de formare a competenței profesionale inițiale la studenții chimiști se va realiza în mod interdisciplinar, finalizându-se cu formarea la viitorul specialist a unui sistem de competențe specifice la nivel organizațional, orientativ, dezvoltativ, informațional, comunicativ, constructiv, mobilizator, investigativ.

Deci, în contextul abordărilor privind formarea profesională inițială a studentului chimist în vederea raționalizării și eficientizării procesului de predare-învățare-evaluare, propunem elaborarea curriculum-lui interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate*, care vine să orienteze viitorii specialiști în chimie spre o extindere a cunoașterii, a conținuturilor învățării, precum și o diversificare a activităților de predare-învățare-evaluare în vederea eficientizării acțiunilor de formare a competențelor specifice.

Scopul curriculumului vizează formarea competenței profesionale a studenților chimiști prin achiziționarea competențelor specifice, formarea unei viziuni integrale asupra naturii, dezvoltarea capacităților de analiză și gândirea integrată, și a abilităților de exprimare personală în dezbaterile de idei, cultivarea unei atitudini tolerante față de mediul ambiant. Competențele necesare disciplinei sunt: *Competența de cercetare, Competența digitală, Competența de comunicare profesională, Competența ecologică, Competența de formare profesională continuă.*

2.4. Concluzii la Capitolul 2

Abordarea în context interdisciplinar a conținuturilor educaționale este o provocare și în același timp o necesitate pentru cadrele didactice la toate nivelele de instruire. *Interdisciplinaritatea*, fiind mult teoretizată, are în contextul educațional contemporan șanse sporite de abordare, odată cu asimilarea în practica școlară a viziunilor educaționale inovative. Din acest punct de vedere, este importantă corelarea interdisciplinară a conținuturilor disciplinei chimia cu alte discipline conexe prin fundamentarea teoretică și metodologică a procesului de eficientizare a formării și dezvoltării inițiale a competențelor profesionale la chimie. Rezultatele obținute referitor la problema cercetării permit formularea următoarelor concluzii:

1. În baza analizei literaturii de specialitate, a investigației conceptuale și metodologice de formare a competenței profesionale a fost elaborat *Modelul pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar*.
2. Elaborarea modelului pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale la chimie a permis crearea unei metodologii eficiente de formare și dezvoltare a competențelor profesionale inițiale a studenților chimiști în context interdisciplinar. Metodologia elaborată contribuie la dezvoltarea activității cognitive a studenților, acumularea cunoștințelor din domeniul de specializare și la formarea abilităților necesare pentru inserția în domeniul profesional de activitate.
3. În metodologia de implementare a Modelului elaborat au fost argumentate și justificate condițiile și premisele pedagogice cât și metodologice, care influențează formarea și dezvoltarea competențelor profesionale inițiale la chimie în context interdisciplinar: condiții motivaționale, condiții de integrare interdisciplinară, metode de învățare active și interactive. În rezultat a fost elaborat curriculum-ul la cursul interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate*.
4. Formarea și dezvoltarea abilităților prin cercetare experimentală în context interdisciplinar este activitatea de bază a studenților chimiști, iar utilizarea tehnologiilor informaționale contemporane în procesul de instruire la chimie deschid noi oportunități în formarea și dezvoltarea competențelor profesionale specifice necesare domeniului, precum și pentru realizarea unor sarcini individuale cât și profesionale motivante.

3. Argumentarea experimentală a eficienței modelului și metodologiei de formare și dezvoltare a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar

3.1. Demersul experimental în domeniul formării competențelor profesionale ale studenților chimiști în context interdisciplinar

Dimensiunea metodologică a *Modelului pedagogic al formării inițiale a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar* este reprezentată de *Tehnologia de formare a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar*, care valorifică și valorizează dimensiunea teoretică a Modelului prin activități de formare profesională cu caracter interdisciplinar.

Prin **tehnologie** înțelegem:

- o dimensiune specifică și superioară a normativității didactice, care asigură reglarea și realizarea unui proces de învățare, orientată spre formarea competențelor disciplinare/transdisciplinare, specifice disciplinei (la nivel de abordare procesuală);
- ce are la bază una sau altă abordare conceptuală/paradigmatică a învățării (ori combinaire de abordări), în plan filosofic, psihologic, social și educațional;
- care asigură realizarea procesului de învățare a cadrului unei anumite paradigme, reglează procesul de elaborare și aplicare a strategiilor didactice, asigură atingerea obiectivelor generale/transdisciplinare (competențele transversale);
- dispune de toate caracteristicile sistemului: logica procesului, interconexiunea părților constituente, integralitatea [69].

În această logică, experimentul pedagogic a avut ca **obiectiv major** validarea prin experiment a *Tehnologiei de formare a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar*, având drept criteriu de bază **competențele specifice: de investigare, de comunicare, digitale, ecologice, de formare continuă**, demonstrate de studenții chimiști în procesul soluționării situațiilor semnificative, cu caracter interdisciplinar, create în cadrul activităților de formare.

Experimentul pedagogic a cuprins 4 faze: *de diagnostic/etapa pre-experiment, de constatare, de formare, de control*.

În concordanță cu scopul cercetării, s-au stabilit următoarele **obiective ale experimentului pedagogic**:

1. Constatarea atitudinii studenților chimiști față de oportunitatea promovării cursului interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate*, precum și a expectanțelor în acest context.
2. Determinarea nivelului inițial de formare a competențelor specifice ale studentului chimist în domeniul profesional (etapa de constatare a experimentului).
3. Descrierea experimentului de formare în context curricular a competențelor specifice necesare studentului chimist (vezi modelul).
4. Validarea experimentală a eficienței rezultatelor științifice experimentale obținute prin utilizarea metodelor matematico-statistice.

Rezultatele obținute în cadrul experimentului le prezentăm în cele ce urmează.

În scopul determinării atitudinii studenților chimiști față de oportunitatea formării competențelor profesionale în cadrul cursului interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate*, precum și a expectanțelor acestora în acest context, a fost utilizată *metoda chestionării*.

În acest context, am elaborat un chestionar (Anexa 2), care a fost aplicat studenților anului I și II de studiu de la specialitățile *Chimie*, *Chimie și biologie*, *Biologie și chimie (secția zi)* și *Chimie* (secția frecvență redusă) în număr de **102 respondenți**. Chestionarul a fost construit în baza a 10 itemi. În continuare prezentăm cele mai relevante rezultate:

Itemul 1. Care ar fi noțiunea de competență profesională în viziunea ta?

În baza analizei răspunsurilor prezentate de studenți este dificil de a contura o definiție acceptată a competenței profesionale. Există numeroase definiții acceptate, dar niciuna nu este unanimă. Abordările multidisciplinare ale competenței profesionale se reflectă și în numărul mare de tipologii conturate în jurul acestei noțiuni.

Rezultatele studenților la acest item au fost sistematizate în Tabelul 3.1 și ilustrate în Figura 3.1.

Tabelul 3.1. Definiții ale competenței

Număr	Răspuns complet al definiției		Răspuns parțial		Răspuns incorect	
	Studenți, nr.	Pondere, %	Studenți, nr.	Pondere, %	Studenți, nr.	Pondere, %
102	34	33,33	43	42,16	25	24,51

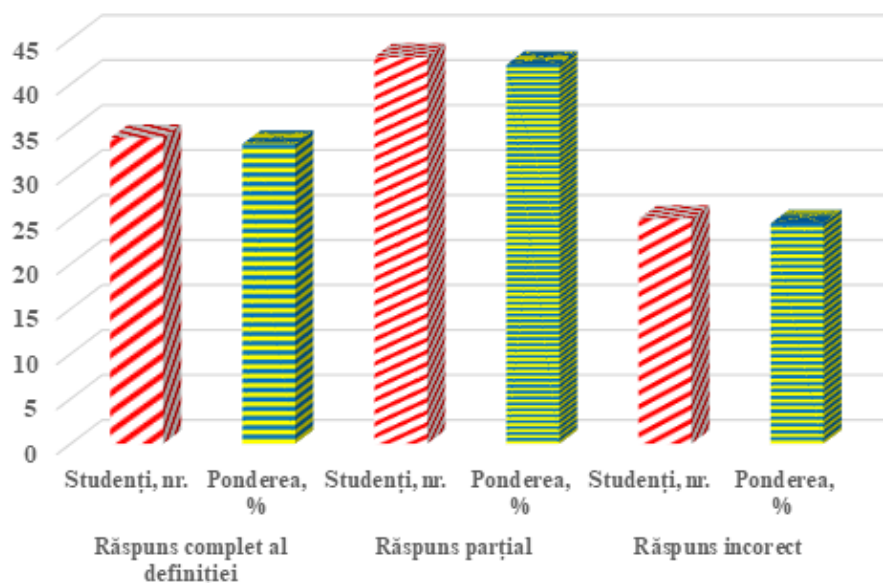


Fig. 3.1. Ponderea în evidențierea definiției de competență

Din cele expuse de studenți concluzionăm că *competență profesională* reprezintă ansambluri *de cunoștințe structurate, deprinderi și atitudini*. Dintre toate definițiile, studenții au evidențiat componenta *capacitățile*, care stau la bază și sunt exersate sistematic și progresiv în anumite situații.

Tabelul 3.1 și Figura 3.1 ne sugerează ideea că cei 102 studenți au avut păreri diferite, precum și principiul identității – fiecare persoană este identică cu sine însuși, de unde rezultă că definiția completă a competenței a fost expusă de 34 de studenți, iar 43 de studenți au definit-o incomplet și 25 de studenți au răspuns incorect.

Studenții confundă definiția *competenței profesionale*, deseori stipulând elementele acesteia. Din cele enunțate au expus corect definițiile:

- Fiind, capacitatea de a aplica, a transfera și a combina cunoștințe și deprinderi în situații și medii de muncă diverse;
- Capacitățile unui specialist într-un anumit domeniu.

Competența este definită prin trei tipuri de achiziții: *cunoștințe, abilități și atitudini*.

Itemul 2. Enumeră câteva elemente (componente) ale competenței profesionale

Competența apare ca un *rezultat distinct al învățării, diferit* de cunoștințe și abilități (oricum, ideea de integrare a cunoștințelor și a abilităților în structura competenței nu apare explicit). În raport cu rolurile, sarcinile și situațiile problematice de rezolvat studenții au enumerat variate tipuri de competențe ce au fost înregistrate în Anexa 3 și Figura 3.2.

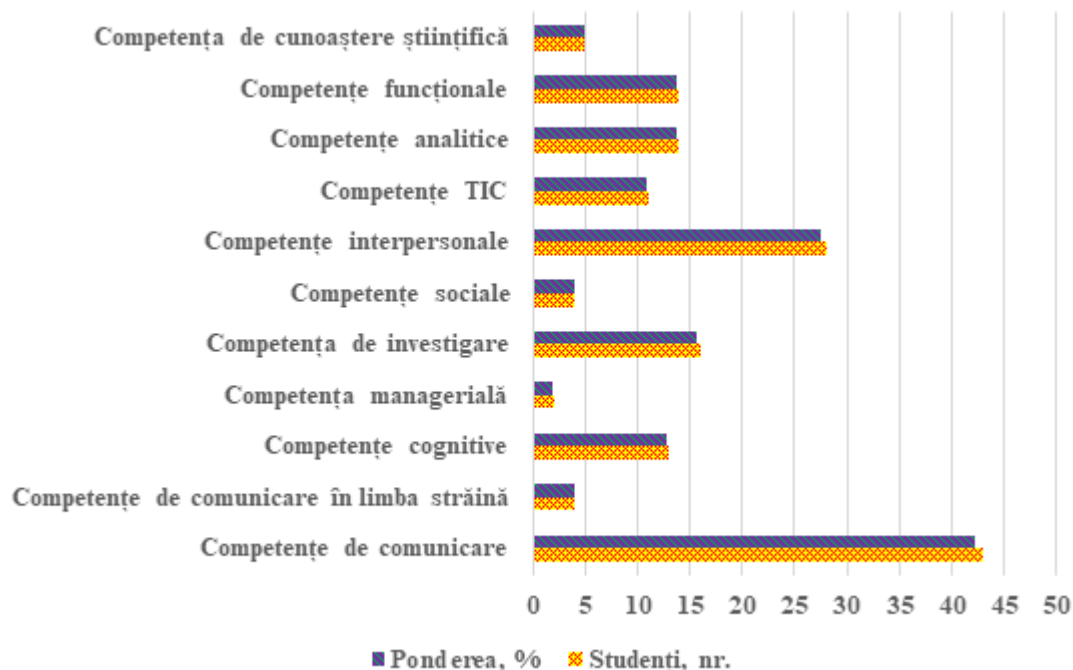


Fig. 3.2. Ponderea elementelor competenței profesionale

Elemente ale competenței profesionale enumerate de studenții chimiști necesare desfășurării unei activități didactice, care contribuie la realizarea obiectivelor propuse sunt diferite.

Competențele pentru profesia didactică sunt sistemice, integrate competențelor generale pentru îndeplinirea unui rol social cât mai eficient. Noțiunile teoretice și practice necesare desfășurării activității profesionale sunt permanent dezvoltate și depind de modul în care viitorii studenți-pedagogi le-au însușit.

Itemul 3. Dați exemple de competențe formate în cadrul orelor la Didactica chimiei

Învățarea didacticii chimiei deschide posibilități pentru dobândirea achizițiilor fundamentale și are funcție practică și de ghidare a activității didactice în baza unor orientări generale, contribuind la formarea competențelor specifice proiectate. Ea se referă la conținuturile interdisciplinare și intradisciplinare, venind cu precizările de rigoare în adaptarea cerințelor finalităților, conținutului, metodelor și procedeeleor, formelor de organizare, strategiilor de proiectare și de evaluare la chimie.

Tipurile competențelor expuse de studenți, formate în cadrul disciplinei Didactica chimiei sunt redate în Tabelul 3.2 și Figura 3.3.

Tabelul 3.2. Tipuri de competențe formate în cadrul orelor la Didactica chimiei

Competențe formate în cadrul orelor la Didactica chimiei	Studenți, nr.	Ponderea, %
Competențe de comunicare	38	37,25
Competența epistemologică	6	5,88
Competența metacognitivă	11	10,78
Competențe de analiză și sinteză	11	10,78
Competența de investigare/cercetare experimentală a substanțelor și proceselor chimice	41	40,2
Competențe științifice	5	4,9
Competențe TIC	7	6,86
Competențe analitice	16	15,69
Competențe funcționale	14	13,72

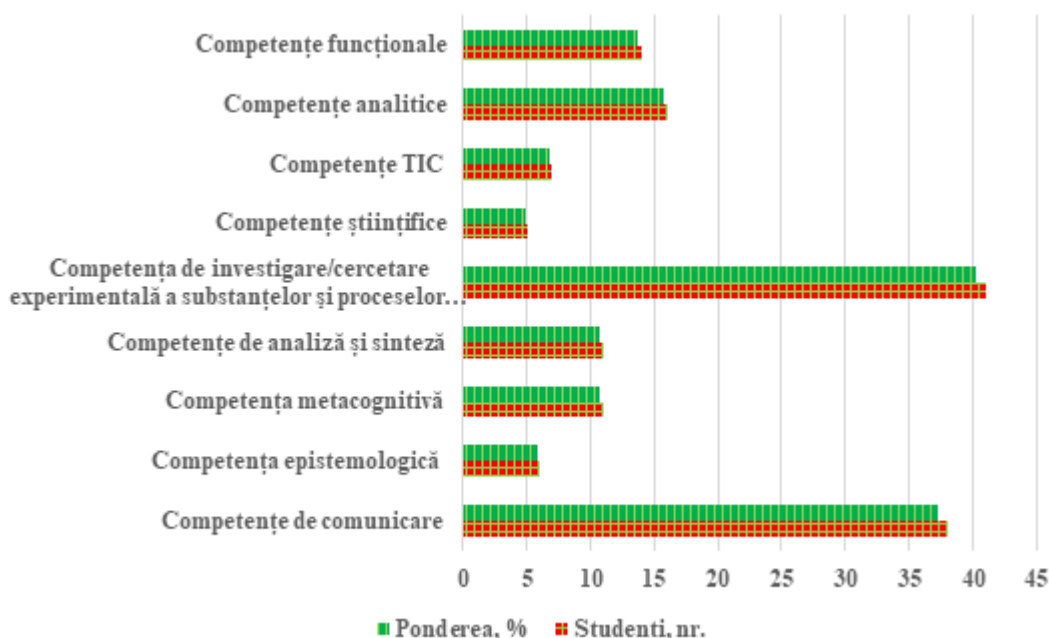


Fig. 3.3. Ponderea tipurilor de competențe formate în cadrul orelor la Didactica chimiei

Itemul 4. În viziunea ta care sunt elementele componente ale competenței profesionale

Competența profesională are atribuții în domeniile tradițiilor și educației în aspect pedagogic, fiindu-i caracteristice dimensiunile care o completează. Ea constă dintr-o totalitate de *capacități cognitive, afective și motivaționale*, care interacționând cu trăsăturile personale ale acestuia, îi v-a conferi anumite calități necesare practicării unei profesii didactice, care să asigure îndeplinirea de către educabili a obiectivelor proiectate, iar performanțele obținute să corespundă nivelului intelectual al fiecăruia.

Aceste competențe se bazează pe capacitatea aplicării, transferării și combinării cunoștințelor și deprinderilor în situații și medii diverse, pentru realizarea activităților în instituțiile de învățământ, la un nivel calitativ specificat în standard.

Competența profesională în același timp, este o abilitate necesară unei profesii/grup de profesii înrudite, care se manifestă și se dezvoltă în cadrul profesional. Ca și orice alt tip de competență, aceasta nu reprezintă un produs finit, ci o valoare personală dinamică, cu prelungire ulterioară, în stare să treacă la un nivel superior de formare.

Componentele competenței profesionale: *cunoștințe-capacități-atitudini*, în măsură mai mare decât competențele generale, sunt supuse erodajului moral și uzual. Rezultatele sondajului ce țin de componentele competenței profesionale se regăsesc în Tabelul 3.3 și Figura 3.4.

Tabelul 3.3. Componentele competenței profesionale

Componentele competenței profesionale	Studenti, nr.	Pondere, %
Cunoștințe	39	38,23
Capacități	60	58,82
Atitudini	35	34,31

Răspunsurile studenților au fost variate, unii dintre ei au indicat cele trei componente ale competenței profesionale.

E bine că 60 de studenți au indicat componenta *capacități*, care este de bază în dezvoltarea competenței.

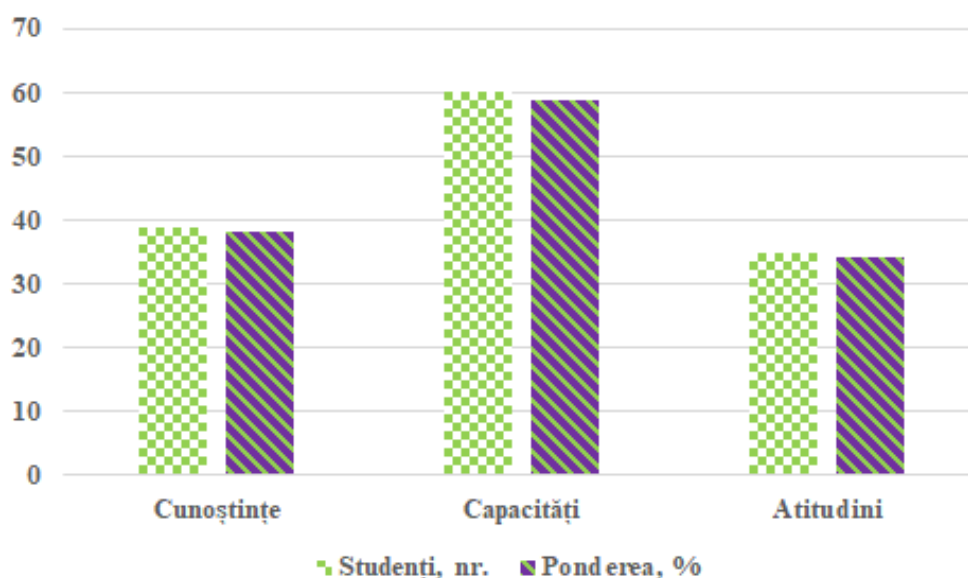


Fig. 3.4. Pondere componentelor competenței profesionale

Itemul 5. Enumeră câteva caracteristici/roluri ale profesorului modern de chimie

Rolurile profesionale ale cadrului didactic se referă, în special, la caracteristicile esențiale pentru activitatea de predare eficientă. Aceste roluri sunt menite să pregătească cadrele didactice pentru provocările, cererile și obligațiile de predare, având la bază un ansamblu de valori, credințe și abilități/capacități pentru deciziile și acțiunile profesorilor în munca lor de zi cu zi și facilitează procesul de învățare.

Mizând pe lucrarea *Educația în schimbare* de Andre de Peretti [150], la care aderăm, am analizat răspunsurile la acest item. Autorul, luând în considerație funcțiile școlii și sarcinile didactice ale profesorului, consideră următoarele roluri prioritare ale profesorului:

- *persoană-resursă*, instructor și ghid în documentare (expert al actului de predare-învățare-evaluare);
- *responsabil cu relația interumană*, deci organizator, precum și manipulator al diferitelor relații și interacțiuni;
- *tehnician*, stabilind situații de învățare sau realizând producții audio-vizuale și informatice, individuale și colective, cu materiale multiple (utilizator TIC);
- *evaluator*, pe de o parte consilier de metodă pe de altă parte controlor al progreselor;
- *cercetător*, director al proiectelor individuale de studii și de investigare, precum mediator al raporturilor cu lumea exterioară.

Răspunsurile studenților privind caracteristicile profesorului de chimie sunt sintetizate în Anexa 4 și Figura 3.5.

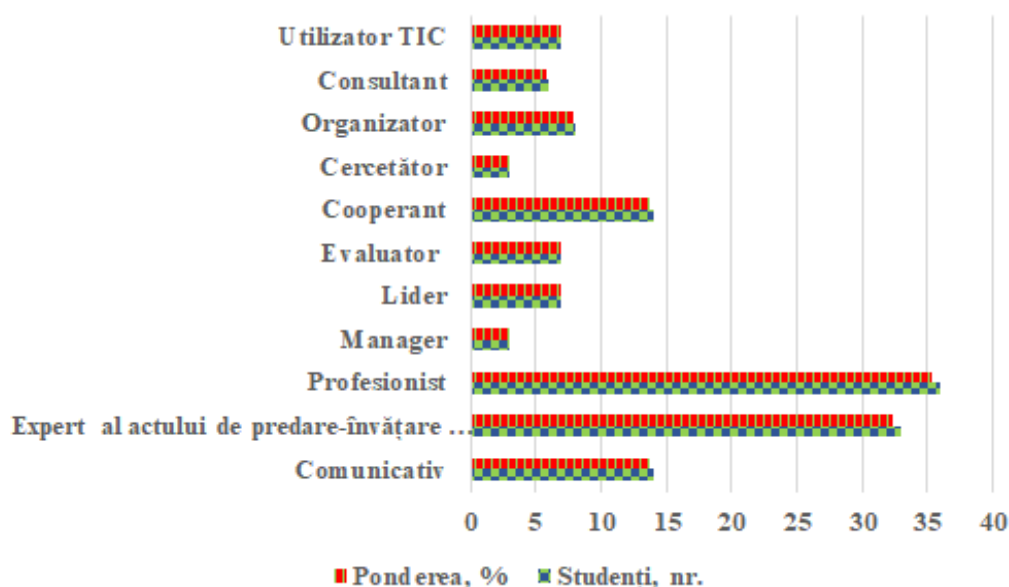


Fig. 3.5. Caracteristicile profesorului de chimie

Astfel, reeșind din cele expuse, rolul cadrului didactic modern, se concentrează pe cinci dimensiuni principale de activitate: *persoană resursă, responsabil de relații, cercetător, tehnician și evaluator*, fiecare dintre acestea purtând în sine atribute distincte, subscriind competențe specifice pentru fiecare.

La itemul privind *rolul profesorului* au răspuns 102 studenți - 100%, dar 4 studenți constată importanța lui fără să determine rolul, iar 2 studenți confundă rolul cu calitățile învățătorului.

În baza acestei concepții am clasificat răspunsurile studenților în felul următor:

- *persoană-resursă*, cei mai mulți studenți, 69 de respondenți din 102 sau 67,64% au remarcat rolul de profesionist – instructor și ghid în documentare. Ei au considerat că rolul profesorului modern este de a *instrui, educa* copilul de mâine, ce coincide de fapt cu scopul nostru. Secvențe din răspunsuri: *să formeze deprinderi și capacități pentru a se integra în societate; să contribuie la formarea personalității; de a educa copilul conform cerințelor societății; să instruiască elevul în așa fel încât să fie capabil să însușească; să ofere societății oameni deștepți cu care să ne mândrim; de a insufla elevilor dragoste față de carte, să formeze la elevi o conduită corectă în societate; de a-i pregăti pe elevi pentru integrare în societate; de a asigura un proces eficient de învățământ; să-i învețe, să-i îndrume pe copii; să le arate calea spre succes; de a transmite cunoștințele necesare; de ai integra în viața socială; de a oferi noi cunoștințe și deprinderi etc.*
- câte 14 studenți (13,72%) apreciază rolul profesorului de a fi comunicativ și cooperant în procesul de instruire la chimie.
- în *rol de organizator*, adică responsabil de relația interumană, animator – văd profesorul modern 8 studenți din 102 sau 7,84%. Ei susțin că un profesor modern de chimie ar trebui: *să-i motiveze pe elevi la variate tipuri de activități; de a fi înțelegător; de a-i integra în activități de grup, de a colabora cu elevii cât mai mult, de a se înțelege bine cu elevii; de a ajuta elevul; să aibă relații bune cu elevii.*
- în *rol de tehnician*, care trebuie să utilizeze diferite metode eficiente de învățare, care stabilește variate situații de învățare, care folosește diferite materiale didactice și mijloace tehnice, este văzut de 7 studenți din 102 sau 6,86%. Secvențe din răspunsurile studenților: *de a preda ca să fie înțeles, să-i instruiască în așa mod ca să devină capabili de a se integra în viață; să transforme elevul în subiect al învățării; să pună accentul mai întâi pe calitate; să încadreze elevii cât mai eficient în activitate; de a dirija într-o ordine bună, logică; să predea tema cu ajutorul calculatorului sau a altor instrumente; de a preda bine și pe înțelesul tuturor.*
- de asemenea 7 studenți din 102 sau 6,86% văd rolul profesorului ca *evaluator* al performanțelor

elevilor și *lider* al procesului instructiv-educativ la chimie.

- câte 3 studenți din 102 sau 2,94% consideră rolul profesorului de a fi *manager* și *cercetător*.

Deci, majoritatea studenților, 67,64% au remarcat rolul fundamental al profesorului de a ghida, instrui și forma personalitatea elevului.

Majoritatea studenților 78 din 102 sau 76,47% au evidențiat câte 4-5 roluri ale profesorului de chimie modern; 15 studenți sau 14,71 % au enumerat câte 3 roluri și 9 studenți sau 8,82% câte – 2 roluri).

Rolul de profesor presupune activități, prin care: el reprezintă o autoritate publică, este un transmițător de cunoștințe și educator, este un evaluator al activității elevilor, este partener al părinților în desfășurarea activităților educative, este membru al colectivului școlii, coleg, dar după cum vedem unele aspecte sunt în umbră.

Cadrul didactic prin rolurile sale trebuie să acționeze ca un stimulator al învățării subiecților pe parcursul întregii vieți, acestea fiind necesare, în special, pentru împlinirea și dezvoltarea personală, pentru incluziunea socială, cetățenia activă și ocuparea forței de muncă. Pentru ca activitatea cadrului didactic să se direcționeze la un management mai eficient, este absolut necesar ca rolurile să provoace dezvoltarea competenței de comunicare, crearea unui mediu de învățare, de cooperare etc.

Itemul 6. Expune 3 aspecte privind rolul practicii pedagogice în formarea profesională inițială

Practica pedagogică reprezintă cel mai bun prilej de a conștientiza și de a valorifica utilitatea și relevanța cursurilor de psihologia educației, de pedagogie și de didactica specialității. De aceea, metodiștii de practică, mentorii își desfășoară activitatea pentru a se asigura unei abordări unitare, ne creeând confuzii cognitive studentului.

Rolul profesorului-metodist în formarea lor practică este de reglare, de consiliere, de îndrumare metodologică, de informare, de organizare, de evaluare având o mare pondere. *Practica pedagogică* contribuie la îmbunătățirea calității procesului educațional, organizării și desfășurării eficiente a stagiului de instruire practică; contribuie la sprijinirea și încurajarea dezvoltării individuale a studenților și formarea lor ca specialist în vederea cunoașterii și atingerii standardelor de performanță. Unele aspecte referitor la rolul practicii pedagogice sunt redată în Anexa 5.

Analizând răspunsurile celor 102 studenți referitor la *rolul practicii* în formarea profesională am constatat că în timpul practicii pedagogice studenții devin capabili:

- Să cunoască modul specific de organizare și funcționare a unităților de învățământ;
- Identifică și înțeleg principalele responsabilități, îndatoriri și drepturi pe care le impune calitatea de învățător și se integrează în activitatea de muncă și de disciplină specifice instituției școlare;

- Să-și însușească metodele și tehnicile de cunoaștere a individualității elevilor și a grupurilor școlare;
- Valorifică practic și în condiții variate cunoștințele pedagogice în adoptarea formelor de tratare diferențiată a elevilor pentru organizarea și educarea clasei de elevi;
- Să proiecteze, să realizeze și să evalueze o secvență didactică, o lecție;
- Să cunoască profilul psihologic al copilului de vârstă școlară mică.

Itemul 7. Pentru formarea competenței profesionale inițiale este necesar ...

La itemul *Ce este necesar pentru formarea competențelor profesionale* au răspuns 102 de studenți (100%), propunându-se câte 3-5 și mai multe răspunsuri. Ei conștientizează rolul lor în propria formare profesională, spre exemplu secvențe din răspunsurile studenților: *necesită efort, străduință, muncă zilnică, responsabilitate, învățare conștientă, învățare sistematică, o bună frecvență la ore.*

Dacă analizăm răspunsurile în cheia cerințelor curriculare de formare profesională în temeiul concepției Curriculumului de bază privind formarea inițială *a cadrelor didactice în domeniul chimiei*, care stipulează, că cadrele didactice implicate în pregătirea profesională a profesorilor trebuie să valorifice și să promoveze:

- Centrarea pe formarea individuală;
 - Centrarea pe învățare activă;
 - Integrarea activă de cercetare-învățare-aplicare;
 - Racordarea la standardele educaționale naționale;
 - Orientarea la standardele profesionale.
- În baza conceptului *Centrarea pe formarea individuală*, 86 de studenți din 102 sau 84,31% văd formarea individuală *prin a depune eforturi mari și de a persevera în mod continuu; activitatea teoretică de informare, practică, desfășurată într-un context profesional real, să dăm dovadă de caracter, dorință și străduință, informare și cercetare; capacități cognitive, afective, motivaționale; de cunoștințe avansate în domeniul formării profesionale; să lucrezi și să acorzi cât mai mult timp pentru o reușită bună; să observi modul de lucru – predarea mai multor profesori, apoi formarea capacităților proprii; să-ți placă ceea ce faci, să te străduiești ca ceea ce faci să le placă și altora și să-ți asumi responsabilitate maximă; de a dezvolta creativitatea, activismul, de a studia continuu; multă perseverență, muncă, cunoștințe și abilități.*
 - În ideea conceptului *Centrarea pe învățare activă*, din răspunsurile studenților s-a evidențiat solicitarea cadrelor profesioniste apte să creeze acele situații de învățare și de implicare activă

a elevilor. Din 102 de studenți participanți la sondaj, 26 dintre ei sau 25,49% consideră că sunt necesari profesori competenți, metode moderne de predare-învățare, dotarea cu materiale didactice și mijloace tehnice, perseverență, dorință, ambiție, cunoștințe, informare generală, multă muncă în domeniul dat, continuă dezvoltare profesională, să dăm dovadă de caracter, dorință și străduință, informare și cercetare; acumulare de cunoștințe, deprinderi de predare, mereu în dezvoltare.

- În contextul conceptului *Integrarea activă de cercetare-învățare-aplicare* au răspuns 46 studenți din 102 sau 45,1%. Ei susțin: *dacă ar studia suplimentar mai mult ar fi mai competenți, să aplicăm practic ce învățăm, să învățăm singuri, să exersăm mai mult; activitatea teoretică de informare, practică, desfășurată într-un context profesional real; cunoștințe și aplicare în practică; descoperirea lucrurilor noi în fiecare zi; multă răbdare, cunoștințe și multă dăruire de sine; să cunoști la nivel mediu informația ce ține de domeniul pe care l-ai ales în cariera personală; studierea, cercetarea, acumularea de informații necesare pentru domeniul dorit, aducerea la cunoștință a teoriilor, implementarea ideilor teoretice și practice ale lecțiilor, de a depune eforturi mari și de a persevera în mod continuu.*
- În cheia conceptului *Racordarea la standardele profesionale naționale* – au răspuns 18 studenți din 102 sau 17,65%, adică axați pe finalități, rezultat, dar acest rezultat nu este bine structurat, clar văzut, conturat. Unele secvențe din răspunsurile studenților: *să lucrezi și să acorzi cât mai mult timp pentru o reușită bună, să observi modul de lucru – predarea mai multor profesori, apoi formarea capacităților proprii; să ai capacități de organizare, analiză, comunicare, de înțelegere a mesajului didactic, de aplicare a cunoștințelor, deprinderilor și atitudinilor; studierea, cercetarea, acumularea de informații necesare pentru domeniul dorit, aducerea la cunoștință a teoriilor, implementarea ideilor teoretice și practice ale lecțiilor; e necesar să aibă cunoștințe, deprinderi; abilități să comunice; de cunoștințe trainice; de deprinderi de a explica tema nouă bine; abilități de comunicare eficientă, de a cunoaște cât mai multe metode de predare-învățare-evaluare; să fii mai îndrăzneț, să înveți de la alții cum să lucrezi cu auditoriul; profesorul ideal trebuie să abordeze studiul obiectului pe care-l predă nu ca un scop în sine, ci ca un mijloc de realizare a obiectivelor educaționale; de a depune eforturi maxime pentru a dobândi aceste competențe esențiale și de a persevera în mod continuu; studentul să frecventeze orele și să fie motivat de profesor s-o facă, ținută corespunzătoare, expunere liberă, abilități de comunicare.*

Unele din expunerile studenților la itemul dat se regăsesc în Anexa 6 și sunt ilustrate în Figura 3.6.

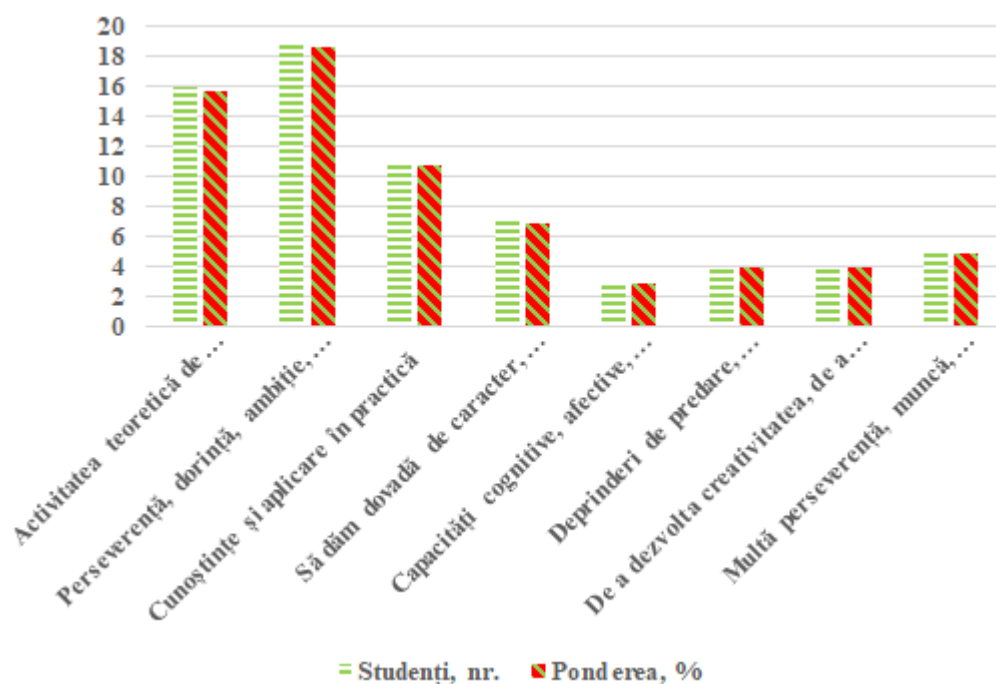


Fig. 3.6. Ce este necesar pentru formarea competențelor profesionale

Analiza răspunsurilor studenților și propunerilor denotă necesitatea perfecționării, schimbării la nivel de politici instituționale: politici de personal, politici de relaționare, politici resurselor, politici curriculare. Conchid că studenții, fiind la anul I și II de studii încă nu conștientizează necesitatea implicării active în propria formare prin crearea de situații de învățare de către profesor, punând accentul pe impedimentele care le creează bariere pentru implicarea activă a lor în actul de învățare. Numărul mic de studenți care conștientizează rolul învățării active, necesitatea integrării lui în cercetare individuală și necesitatea cunoașterii denotă nivelul scăzut asupra modelului de formare a lor în plan profesional. Majoritatea plasează accentul pe potențialul lor scăzut în propriul succes, motivează că au nevoie de condiții, modele umane, capacități, denotă faptul că-și găsesc scuze la lapsurile personale și conștientizează rolul său în formarea profesională inițială. Ei consideră necesitatea acumulării cunoștințelor, practicii, motivației, și pun accentul pe procesul de învățare și efortul propriu (86 de studenți sau 84,31%), care consideră că implicarea lor activă în cadrul orelor le-ar forma competențele profesionale necesare.

Dacă comparăm aceste date cu trăsăturile identificate, conchidem că în viziunea subiecților predomină calitățile care reies din conștientul necesității de student (EGO personal) și nu în dependență de cerințele societății și a activităților profesorului. Ca argument este plasarea calităților inevitabile ale profesorului ca: *conștient, tacticos, răbdător, onest, model* pe ultimele locuri din topul celor 10, iar în topul celor 5 calități: *înțeleghător, obiectiv, amabil, prietenos*.

Itemul 8. Care este rolul unui profesor de chimie modern:

De exemplu, printre primele 10 locuri se propun calitățile prioritare, în viziunea lor, ale profesorului de chimie modern după cum urmează în Figura 3.7:

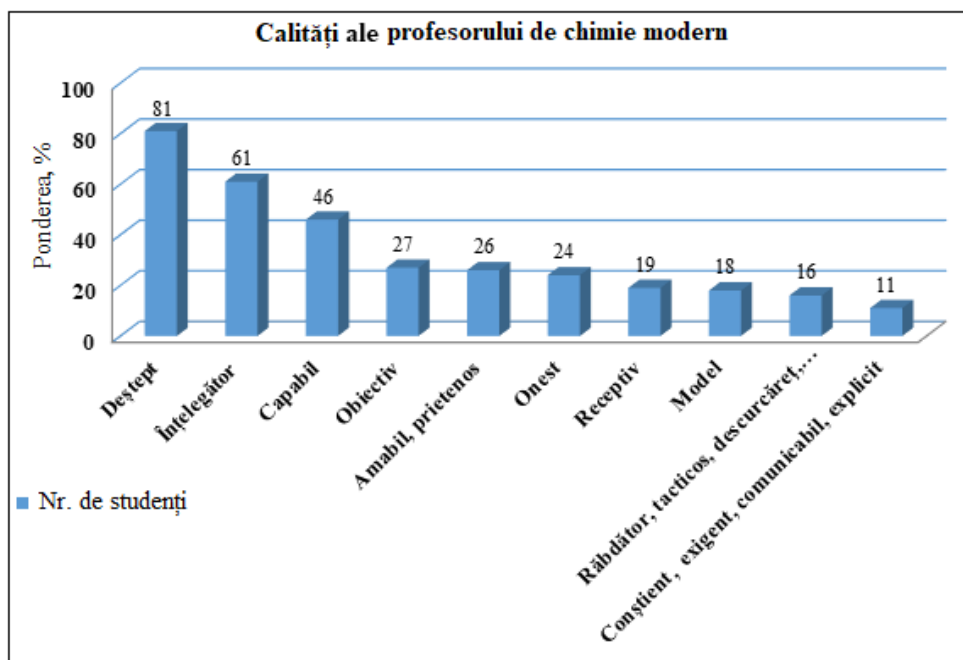


Fig. 3.7. Diagrama calităților profesorului de chimie modern

Exercitarea calității de **profesor de chimie modern** presupune un ansamblu de caracteristici fizice, intelectuale, afective și morale. S-au identificat astfel structurile de personalitate ale profesorului de care depinde eficiența învățării elevilor. Printre trăsături de personalitate s-au determinat: flexibilitatea, atitudinea democratică; ordonarea și planificarea riguroasă a activităților, căldura umană (căldura sufletească), simțul umorului, deschiderea față de problemele oamenilor, înțelegerea pentru problemele celor cu care lucrează, stil conlucrător, inteligență vie, capacitate de abstractizare, stabilitate emoțională puternică, abordare ponderată a problemelor, caracter echilibrat, lucid, autoritatea, prudența, delicatețea, abilitatea, sinceritatea, seriozitatea, simțul datoriei, cutezanța, sociabilitatea.

Dacă comparăm aceste date cu trăsăturile identificate, conchidem că în viziunea subiecților predomină calitățile care reies din conștientul necesității de student (EGO personal) și nu în dependență de cerințele societății și a activităților profesorului ca argument este plasarea calităților inevitabile ale profesorului ca: conștient, tacticos, răbdător, onest, model pe ultimele locuri din topul celor 10, iar în topul celor 5 calități: înțelegător, obiectiv, amabil, prietenos. E îmbucurător faptul că majoritatea subliniază inteligență și competența, dar e regretabil că nu se regăsesc în topul celor 10 așa caracteristici ca: autoritatea, prudența, delicatețea, abilitatea, sinceritatea, seriozitatea,

simțul datoriei, simțul umorului, cutezanța, sociabilitatea, creativitatea, punctualitatea, deschiderea față de problemele oamenilor, stabilitatea emoțională puternică.

Itemul 9. Ce componente ale competenței profesionale doriți să vă dezvoltați în cadrul facultății?

Competențele, ca finalități educaționale, orientate ca necesitate la exigențele practicii educaționale actuale și valabile întregului proces de instructiv-educativ, se referă și la dimensiunea socială a educației, astfel încât absolvenții după absolvire, posedând competențe funcționale vor rezolva cu succes unele probleme din viața cotidiană.

În temeiul taxonomiei competenței profesionale, studenții au numit următoarele tipuri de competențe profesionale (Tabelul 3.4, Figura 3.8).

Tabelul 3.4. Componente ale competenței profesionale obținute în cadrul facultății

Componente	Studenți, nr.	Ponderea, %
componenta gnoseologică	11	10,78
componenta praxiologică/instrumentală	17	16,67
componenta managerială	4	3,92
componenta de evaluare	3	2,94
componenta pronostică	2	1,96
componenta comunicativă și de integrare socială	40	39,21
componenta de cercetare științifică	12	11,76

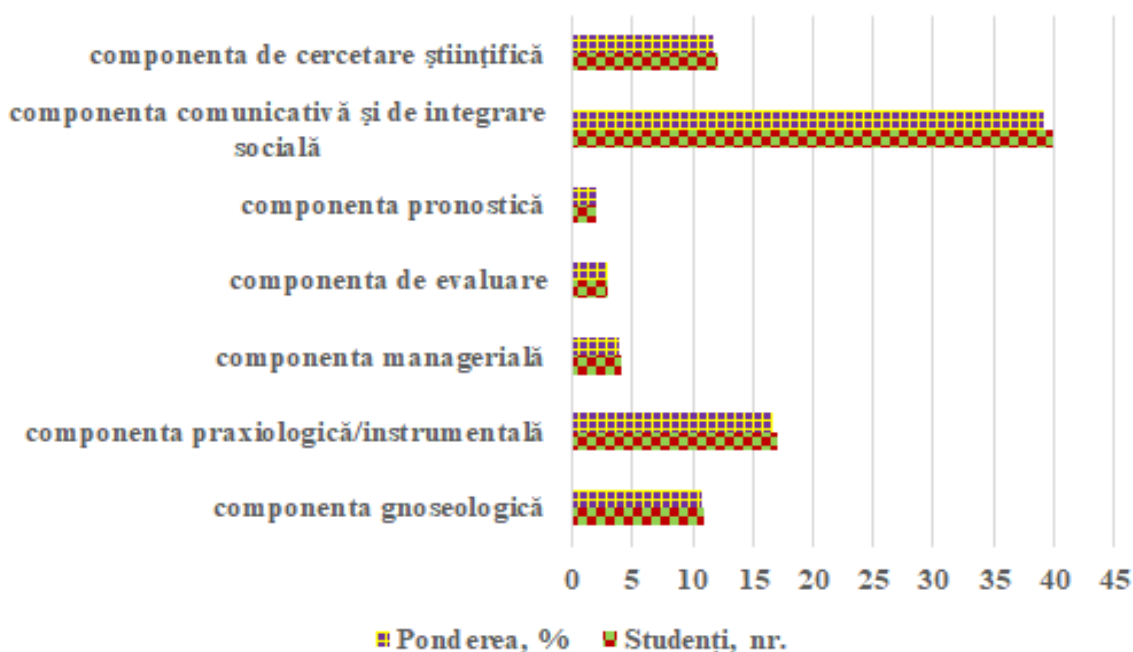


Fig. 3.8. Diagrama componentelor competenței profesionale obținute în cadrul facultății

Formarea și dezvoltarea competențelor va fi orientată spre un nivel necesar și suficient pentru formarea deplină a personalității studentului, permițând accesul acestuia la următoarea etapă/treaptă a învățământului și/sau integrarea lui socială.

E înbucurător faptul că studenții pedagogi au enumerat următoarele competențe:

- Competența comunicativă și de integrare socială
- Competența praxiologică/instrumentală;
- Competența de cercetare științifică.

Mai puțini au enumerat competențele următoare: competența managerială (4 studenți), competența de evaluare (3 studenți), competența pronostică (2 studenți).

Itemul 10. Ce propuneți pentru formarea eficientă a competenței profesionale inițiale a unui chimist în cadrul specialității?

Rezultatele chestionării la itemul dat se regăsesc în Anexa 7 și Figura 3.9.

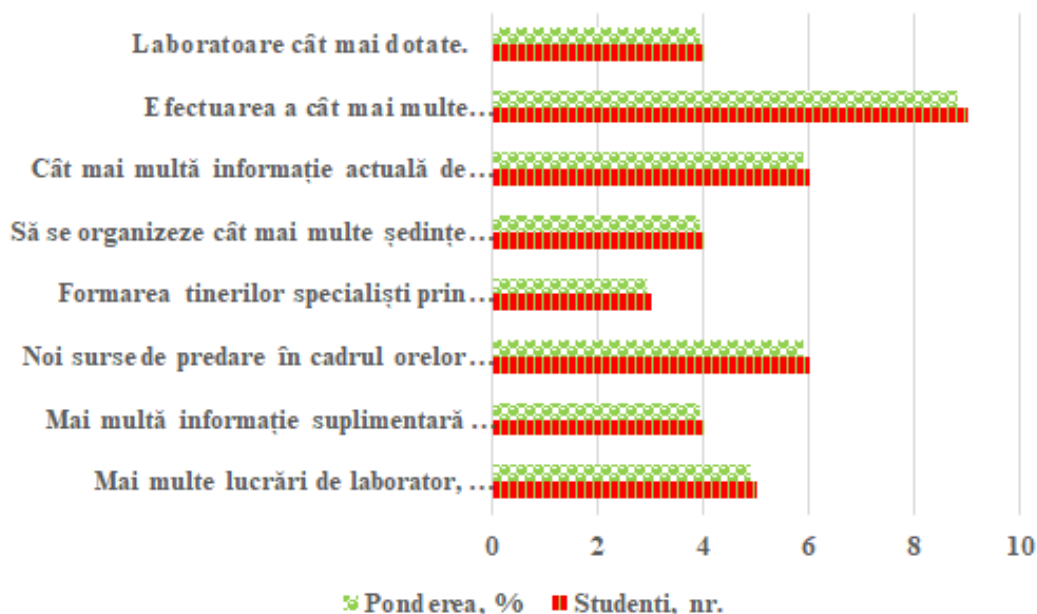


Fig. 3.9. Ponderea acțiunilor propuse pentru formarea eficientă a competenței profesionale inițiale a unui chimist în cadrul specialității

Pot fi remarcate unele elemente specifice care se referă la formarea inițială a cadrelor didactice din învățământul general în baza fundamentărilor sociale, psihologice și pedagogice, într-o perspectivă eficientă și modernă, adaptată cerințelor și tendințelor contemporane ale sistemelor educaționale europene.

Analiza chestionarului ne-a orientat spre determinarea unui șir de factori frenatori:

1. Incapacitatea de a formula definiția de competență profesională.
2. Competența concepută segmentar.

3. Se echivalează competența:
 - a. cu cunoștința;
 - b. cu abilitatea, capacitatea, priceperea;
 - c. cu trăsături de personalitate.
4. Nu cunosc tipurile (sau taxonomia) de competențe profesionale.
5. Nu corelează competența profesională cu domeniul profesional sau situația concretă.
6. Se diminuează importanța calităților personale în definirea CP.
7. Nu văd integral rolul profesorului:
 - a) instructor, ghid; b) tehnician; c) organizator; d) de evaluator; e) de cercetător; f) de conducător al grupului.
8. Confundă rolul profesorului cu atribuțiile lui.
9. Viziune subiectivă privind caracteristicile profesorului.
10. Cunoștințe la nivel de percepere a competențelor.

Toate aceste rezultate obținute în faza de pre-experiment au fost valorificate în cadrul celor 3 faze ulterioare ale experimentului (de constatare, de formare, de control), rezultatele fiind prezentate în paragrafele ce urmează.

3.2. Determinarea nivelului inițial de formare a competențelor specifice ale studentului chimist în domeniul profesional

Obiectivul experimentului de constatare: determinarea nivelului inițial de formare a competențelor specifice ale studenților chimiști până la implementarea curriculumului interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate* și a nivelului de integrare a cunoștințelor științifice de către studenți obținute separat în cadrul programelor de studiu.

Până la implementarea curriculum-ului opțional interdisciplinar am făcut o chestionare în formă orală (discuție dirijată) în cadrul căreia au participat studenții anului I și II de la specialitățile Chimie, Chimie și biologie, Biologie și chimie (secția zi) în număr de 64 persoane și i-am rugat să răspundă la următoarele întrebări, după ce le-am prezentat predestinarea și structura cursului interdisciplinar la libera alegere:

Itemul 1. După părerea ta, ai avea nevoie de un curs interdisciplinar integrat la libera alegere *Chimia pentru viață – cercetări integrate*, care să contribuie la formarea interdisciplinară a competențelor specifice în domeniul chimiei?

Majoritatea studenților (45 de persoane, 70,31%) au răspuns că acceptă necesitatea studierii cursului opțional integrat, deoarece unele elemente componente ale cursului se studiază în cadrul facultății în diferite semestre și într-un final se pierde legătura între cunoștințe și

capacități (vezi Tabelul 2.4). În cadrul acestui curs în baza modulelor propuse: *sinteză – determinarea compoziției și structurii – modelare chimică – domenii de aplicare (cu aspect ecologic)* este o abordare interdisciplinară a conținuturilor și aceasta va conduce la formarea unor competențe specifice necesare viitorului specialist în domeniul chimiei.

Itemul 2. Din șirul de competențe specifice, selectează pe cele care ar trebui, în viziunea ta, formate prin intermediul cursului interdisciplinar Chimia pentru viață – cercetări integrate: a) de investigare, b) de comunicare, c) digitale, d) ecologice, e) de formare continuă.

Rezultatele la itemul 2 sunt expuse în Tabelul 3.5 și ilustrate în Figura 3.10.

Tabelul 3.5. Competențele specifice necesare cursului integrat

Competențe specifice cursului	Studenti, nr.	Pondere, %
competența de investigare	48	75,0
competența de comunicare	56	87,5
competența digitală	60	93,75
competența ecologică	58	90,62
competența de formare continuă	39	60,94

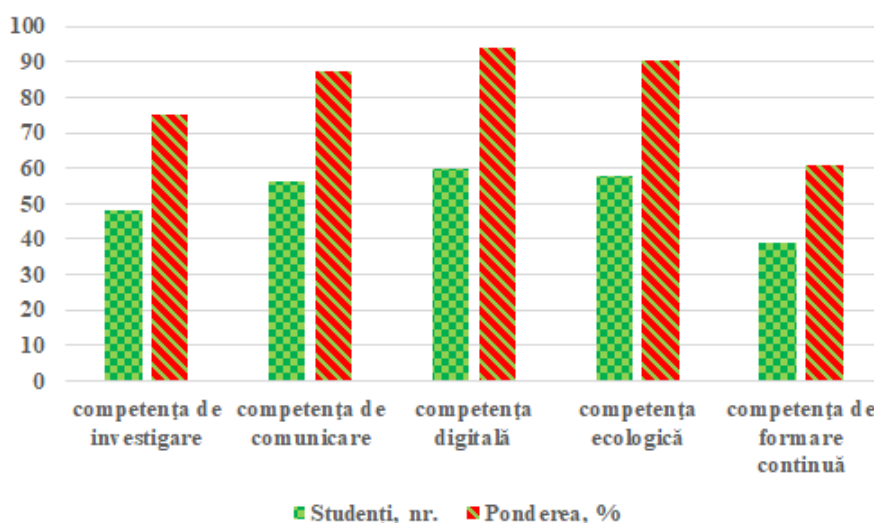


Fig. 3.10. Diagrama competențelor specifice necesare cursului integrat

După aceste discuții 31 de studenți de la aceste specialități au confirmat participarea lor în experiment prin completarea unei cereri pe numele Decanului facultății Biologie și chimie de a asculta acest curs opțional integrat interdisciplinar (Anexa 8).

Lotul experimental a fost constituit din **31 de studenți ai anului I și II de la specialitățile Chimie, Chimie și biologie, Biologie și chimie (secția zi).**

Menționăm că experimentul pedagogic a fost unul **natural**, cu activități specifice de predare în mediul lor obișnuit; **specific, realizat pe parcursul stagiilor de 12 săptămâni**; după

perioada de timp este un experiment de **lungă durată**; după tehnica eşantionării este de **design experimental intrasubiecți**, care presupune urmărirea subiecților în toate etapele experimentului pedagogic și analiza evoluției lor. Experimentul pedagogic a fost unul **sistematic**, organizat și realizat în cadrul facultății Biologie și chimie a Universității de Stat Tiraspol, or. Chișinău. Acțiunea de **constatare** s-a desfășurat în perioada septembrie 2019, înainte de implementarea cursului *Chimia pentru viață – cercetări integrate*.

Parametrii, criteriile și descriptorii de evaluare îi prezentăm în Tabelul 3.6.

Tabelul 3.6. Referențialul de evaluare a nivelului inițial al competențelor specifice ale studenților chimiști

Criterii ale evaluării	Parametri de evaluare:	Descriptori de evaluare
Competența de investigare	• <i>componenta motivațională</i> (de conștientizare a valorii orientării profesionale, motivele și interesele, care vizează formarea profesională și chimică, necesitatea creativității viitorilor specialiști chimiști, cât și modalitățile de îmbunătățire a experienței lor profesionale); • <i>componenta cognitivă</i> (calitatea cunoștințelor teoretice și practice formate și dezvoltate pe parcursul studierii chimiei, biologiei, fizicii, informaticii cât și cel individual); • <i>componenta acțională</i> (gradul de înțelegere a acțiunilor, capacitatea de a lua decizii, creativitatea profesională, competențe de comunicare profesională și stima de sine); • <i>componenta reflexivă</i> (abilitatea de a ajunge în mod conștient la rezolvarea problemei, să evalueze rezultatele propriului lor proces de învățare și reproducere a experienței dobândite în rezultatul formării profesionale inițiale).	1. Profunzimea răspunsului
Competența de comunicare profesională		2. Logicitatea
Competența digitală		3. Consistența
Competența ecologică		4. Coerența acțiunilor prezentate în răspuns
Competența de formare profesională continuă		5. Relevanța răspunsului
		6. Originalitatea ideilor

Metodele de cercetare experimentală: chestionarea, convorbiri individuale structurate.

Niveluri de referință:

N I (înalt);

N II (satisfăcător, mediu);

N III (mai jos de mediu);

Chestionarul aplicat este prezentat în Anexa 9.

Calitatea răspunsurilor a fost apreciată conform **calificativelor**: *în măsură foarte mare, înalt; satisfăcător, mediu; mai jos de mediu*.

Gradul de evaluare în procente:

- răspunsul este corect, logic, consistent, relevant, original – 100 %;

- răspunsul este satisfăcător, mediu, cu unele imprecizări, mai puțin logic și consistent, puțin relevant și original – 50 %;
- răspunsul este mai jos de mediu în raport cu corectitudinea, logicitatea, consistența, relevanța, originalitatea – 25%;

Analizând răspunsurile oferite de subiecții implicați în experiment, s-a făcut repartizarea pe niveluri conform indicatorilor, prin aplicarea gradelor de evaluare (în procente) și s-a constatat calitatea produselor, ca N I (înalt); N II (satisfăcător, mediu); N III (mai jos de mediu).

Dacă facem o diferențiere pe nivelurile de referință, atunci studenții anului I la 6 itemi (1, 2, 3, 4, 6, 8) au răspuns în număr de la 1 la 5 persoane (gradul de evaluare 100%), comparativ cu cei de la anul II, în rest atât studenții anului I și cei ai anului II de studii au răspunsuri predominante la NII (gradul de evaluare 50%) și NIII (gradul de evaluare 25%). În majoritatea cazurilor lipsește profunzimea răspunsurilor, gândirea logică, consistența, relevanța și originalitatea ideilor.

Rezultatele experimentului pedagogic de constatare sunt redată în Tabelul 3.8 și ilustrate în Figura 3.10.

În continuare prezentăm unele răspunsuri ale studenților în cadrul evaluării inițiale (etapa de constatare): de ex. unii respondenți confundă noțiunea de compus coordinativ (itemul 1) cu cea de substanță chimică, prezentând răspunsuri de genul – CuSO_4 , PbCl_2 , NaCl , HCl , H_2O , N_2 , H_2 , O_2 , Fe , Ag etc., iar cei ce au răspuns corect s-au referit la clorofilă, hemoglobină – noțiuni (substanțe) ce le cunosc din cursul de biologie studiat în școală.

La itemul 2, 5 studenți ai anului I au numit careva elemente (metale) cu acțiune fiziologică, aducând și explicații referitor la importanța vitală, cum ar fi: calciul (Ca) – în formarea și susținerea sistemului osos la vertebrate; magneziul (Mg) – pentru funcționarea normală a inimii; fierul (Fe) – intră în componența sângelui, lipsa lui ducând la anemie; potasiul (K) și sodiul (Na) – pentru funcționarea normală a mușchilor. Majoritatea respondenților au numit numai unele elemente fără a prezenta careva explicații.

La itemul 3 majoritatea studenților au răspuns destul de superficial, dar totuși unui au încercat să aducă careva exemple de compuși chimici simpli și să explice relația: *compoziție* → *structură* → *proprietăți* → *importanță practică*.

În cazul itemului 4, referitor la metodele instrumentale de determinare a compoziției și structurii compușilor chimici, practic jumătate (18 persoane, 51,43%) din numărul total de studenți (35), nu cunosc sau confundă și fac o clasificare: metode fizice, metode chimice, metode fizico-chimice.

Tabelul 3.7. Rezultatele chestionării la etapa de constatare

Competența	Itemul	Anul de studii	Studenti, nr.			Grad de evaluare, %
			NI	NII	NIII	
de investigare	1. Ce exemple de compuși coordinativi din natură cunoașteți?	I	4			100
				1		50
					20	25
		II	5			100
				-		-
					5	25
de investigare; de comunicare	2. Cunoașteți careva elemente (metale) cu importanță vitală sau de stimulare a unor procese fiziologice?	I	5			100
				18		50
					2	25
		II	-			-
				9		50
					1	25
de investigare; de comunicare	3. Explicați relația: <i>compoziție</i> → <i>structură</i> → <i>proprietăți</i> → <i>importanță practică</i> .	I	2			100
				13		50
					10	25
		II	-			-
				8		50
					2	25
de investigare	4. Cunoașteți careva metode instrumentale de determinare a compoziției și structurii compușilor chimici?	I	2			100
				10		50
					13	25
		II	-			-
				5		50
					5	25
de investigare; ecologică	5. Care este importanța utilizării metodelor instrumentale contemporane de determinare a calității produselor farmaceutice, alimentare și industriale?	I	-			-
				13		50
					12	25
		II	-			-
				5		50
					5	25
digitală	6. Cunoașteți și utilizați careva soft-uri specifice domeniului Chimie?	I	2			100
				2		50
					21	25
		II	-			-
				6		50
					4	25
digitală; de comunicare	7. Ce metode de modelare a compoziției și structurii compușilor chimici cunoașteți?	I	-			-
				5		50
					20	25
		II	-			-
				-		-
					10	25
digitală; de educație ecologică; de comunicare	8. Cunoașteți careva aplicații digitale ce pot fi folosite la determinarea calității factorilor de mediu?	I	1			100
				4		50
					20	25
		II	-			-
				5		50
					5	25

Alții din ei (15 persoane, 42,86%) numesc unele metode ca cromatografia, fotocolorimetria, spectrometria și numai 2 sau 5,71% dintre ei au încercat să explice utilizarea lor.

La itemul 5 răspunsurile s-au repartizat la egalitate între NI (18 persoane, 51,43%) și NIII (17 persoane, 48,57%), unde cei de la NIII nu cunosc sau au prezentat unele răspunsuri mai puțin exacte, logice, iar cei de la NII – că ele sunt performante, rapide și exacte și permit într-un interval de timp redus să determine calitatea unor produse alimentare, farmaceutice, sau industriale. Aceștia sunt practic acei care au răspuns la itemul 4 că cunosc unele metode de analiză.

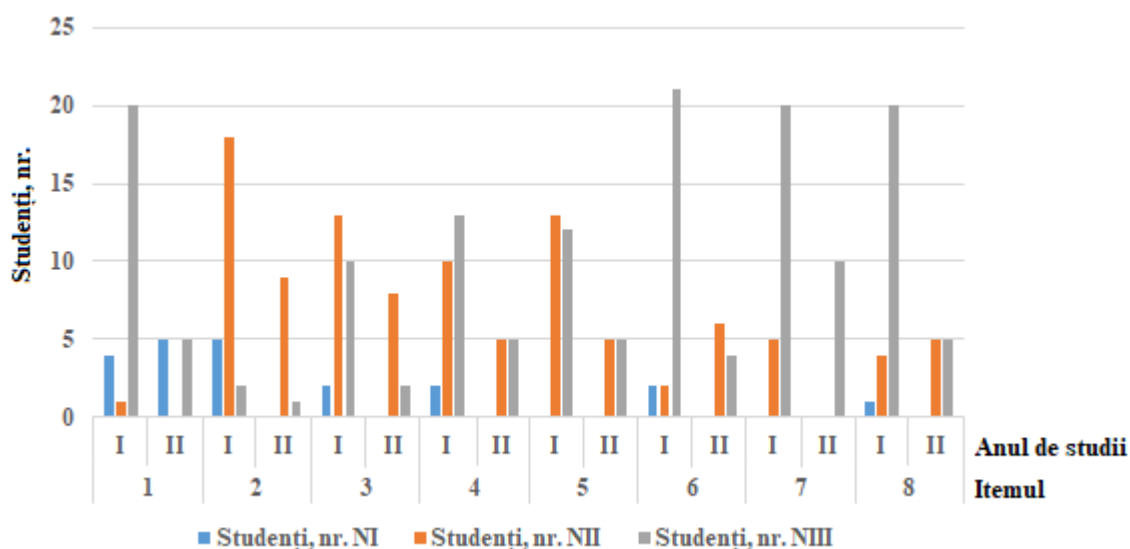


Fig. 3.10. Rezultatele chestionării la etapa de constatare

Lipsa utilizării soft-urilor specifice domeniului Chimie în ciclurile preuniversitare sa regăsit în răspunsurile de la itemul 6, la care 25 de studenți (71,43%) au spus că nu cunosc sau au confundat cu unele aplicații, programe elementare ce le cunosc din cursul de informatică din școală cum ar fi: Word, Excel, PowerPoint, iar 8 dintre ei (22,86%) au numit unele aplicații specifice pentru Chimie: ChemDraw, ChemBioDraw, ChemLab, ChemixSchool, Molec. Mass. Calc. și numai 2 (5,71%) au expus unele utilizări ale acestor aplicații: scrierea formulelor moleculare și de structură a compușilor chimici, calcularea masei moleculare a compușilor chimici, laboratorul virtual de chimie. La itemul 7 (30 de persoane, 85,71%) nu cunosc careva metode de modelare a compoziției și structurii compușilor chimici, iar cei ce cunosc (5 persoane, 14,29%) s-au referit la modelarea arhaică (bilă-axă). Majoritatea dintre ei (25 persoane, 71,43%), la itemul 8, au răspuns că nu cunosc careva aplicații digitale ce pot fi folosite la determinarea calității factorilor de mediu, iar cei ce cunosc (10 persoane, 28,57%) s-au referit la senzori, barometre digitale, detectori ai nivelului de nitrați în fructe și legume.

3.3. Descrierea experimentului de formare în context curricular a competențelor specifice necesare studentului chimist

Precizăm că *Tehnologia de formare a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar* a servit drept bază teoretico-metodologică pentru elaborarea Curriculumului interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate* (Anexa 1). Acesta a fost implementat în grupul experimental de formare pe parcursul perioadei septembrie-noiembrie 2019.

Implementarea Curriculumului interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate* s-a realizat prin intermediul diverselor strategii interactive, care au la bază situații de învățare, prin intermediul căreia studentul asimilează conținutul interdisciplinar și își formează sistemul de competențe. În procesul de predare-învățare-evaluare a chimiei, strategia didactică, reprezintă un mod de combinare eficientă și optimă a metodelor și mijloacelor de învățare. În cadrul experimentului formativ au fost aplicate următoarele strategii (Tabelul 3.8):

- ✓ **metacognitive** (conștientizarea propriilor procese cognitive);
- ✓ **de cercetare** (capacitatea de a găsi informația, navigând în interiorul unei rețele);
- ✓ **euristice** (soluționarea problemelor prin achiziționarea de noi cunoștințe);
- ✓ **de interacțiune** (negocierea semnificațiilor interacționând cu profesorul și colegii);
- ✓ **de interactivitate** (simularea electronică a procesului de interacțiune).

Tabelul 3.8. Etapele de formare și strategii interactive

Etape de formare	Strategii interactive
<i>A ști</i>	Seminare, lucrări de laborator, comparații, aplicații multimedia
<i>A ști să faci</i>	Experimente, dezbateri, portofolii, formularea de ipoteze, eseuri, mape tematice
<i>A ști să fii</i>	Proiecte, modelări, studii de caz, argumentări etc.

Procesul de predare-învățare a constituit un mijloc de manifestare activă în rezolvarea sarcinilor didactice. În așa fel, activitățile de învățare conduc la dezvoltarea capacităților de cunoaștere în aspect integrat. Anume cunoștințele științifice pe care le asimilează studenții stau la baza formării personalității lui. Orice informație științifică conține în sine valențe formative, dar simplul fapt al existenței informațiilor acumulate nu asigură eficiența formativă. Pentru formarea competenței profesionale inițiale în domeniul chimiei s-a mizat pe activitatea intelectuală permanentă și productibilă, care dezvoltă capacități și generează abilități, aptitudini și atitudini personale ale studentului.

Menționăm că experimentul de formare s-a întemeiat pe principalele norme metodologice și principii ale **paradigmei constructiviste**. Aceasta pentru că Constructivismul cognitiv actual

pornește de la teza că realitatea, deși există obiectiv, nu se descoperă de la sine, ci doar dacă subiectul cunoscător procesează informațiile pe care le acumulează, dacă recurge la o construcție mentală progresivă de prelucrare a acestora. Acumularea informațiilor însă nu se realizează numai prin experiență directă; se valorifică și datele oferite de cultură, care sintetizează experiențe cognitive deja consolidate și pot constitui puncte de plecare în cogniție.

În temeiul esenței procesării, propuse de E. Joiță, s-au urmărit patru etape: prelucrarea primară a informațiilor, include tratarea precoce (senzații) și prelucrarea profundă (percepții); formarea imaginilor mentale; prelucrarea abstractă a informațiilor: mecanismele de procesare ca operații, proceduri la nivelul gândirii și ultima etapă este procesarea cunoștințelor în memorie (encodarea, stocarea, recuperarea) [151].

În contextul abordării constructiviste, am respectat următoarele cerințe de bază ale învățării:

- **Procesul de învățare este de construcție mentală**, adică este un proces în baza căruia se consfințește o reprezentare internă a lumii din jur.
- **Interpretarea este personală**, adică fiecare student își construiește propria sa interpretare asupra realității. Este important ca o astfel de interpretare să pornească întotdeauna de la realitate.
- **Învățarea este activă**, presupune implicarea studentului în căutarea, procesarea, înțelegerea și dezvoltarea cunoștințelor și relațiilor.
- **Învățarea presupune colaborare**, adică ea devine dependentă de relațiile interpersonale și de comunicarea cu ceilalți.
- **Învățarea este contextuală**, adică procesul învățării trebuie să aibă loc în situații semnificative pentru studenți și relevante contextului în care va fi utilizată mai târziu noua informație [152, p. 18].

Evident, procesul de instruire universitară bazată pe constructivism nu poate consta doar în memorarea unor informații teoretice și de reproducere a lor, el rezidă, mai ales, în punerea studenților în diferite situații, care să le permită construirea de cunoștințe, aprecieri și elaborarea de sisteme și modele de acțiune, adică pune accentul pe cel ce învață. Predarea este importantă, dar, după cum am observat deja, învățarea este esența formării specialistului. Cunoașterea individuală (subiectivismul) se bazează pe activitatea directă de explorare, pe experiența cognitivă anterioară reactualizată, pe instrumentele muncii intelectuale. Învățarea constructivistă, în acest context, înseamnă înțelegere, explorare, clădire, interpretare proprie. În timpul acestei explorări, studentul, din punct de vedere psihologic, va efectua operații mentale de prelucrare, organizare, structurare, schematizare, echilibrare. Astfel, doar prin construcție el va deveni specialist. Din aceste considerente, acțiunea afectivă și interiorizată a studentului presupune confruntarea și

colaborarea cu *altul*, ea pune studenții într-o situație specială de învățare, de educație, de rezolvare de probleme, prin care el să se dezvolte *original, temeinic sub aspect cognitiv, axiologic și praxiologic*. A fi activ înseamnă a te afla în stare de acțiune. În această ordine de idei se poate afirma că activitatea de învățare este orientată spre cel care o realizează; deci spre cel ce se formează.

Analizând principiile constructivismului, directivele învățării eficiente și structura competenței profesionale conform Standardelor s-au determinat etapele de proiectare a activităților de predare-învățare-evaluare la studenții chimiști, prezentate schematic în Figura 3.11.

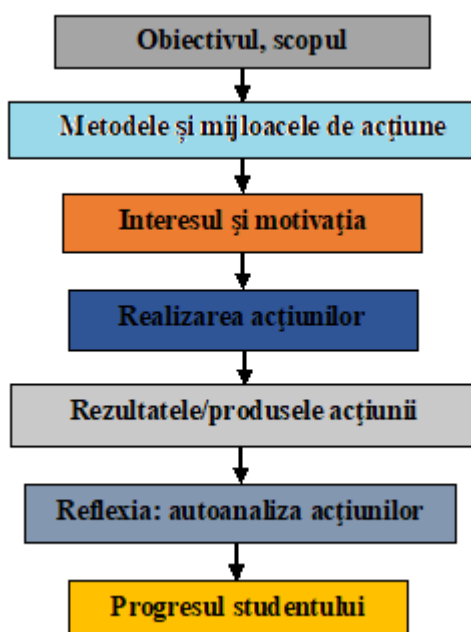


Fig. 3.11. Etapele de proiectare a activităților educaționale la studenții chimiști

Etapele de proiectare a activităților educaționale la studenții chimiști sunt: *obiectivul, metodele și mijloacele de acțiune, interesul și motivația, realizarea acțiunilor, rezultatele/produsele acțiunii, reflexia: autoanaliza acțiunilor, progresul studentului*.

Obiectiv – orice activitate educațională are un scop determinat care este concretizat printr-un obiectiv sau mai multe în dependență de tipul lecției.

Metodele și mijloacele de acțiune – căile de realizare și instrumentele de activitate ale procesului de învățământ în vederea atingerii obiectivelor educaționale preconizate.

Interesul și motivația – stimularea pentru învățare este un element semnificativ pentru orice proces educațional; lipsa de interes pentru învățare are consecințe asupra finalităților și eficienței învățării.

Realizarea acțiunilor – studentul realizează acțiunile organizate în conformitate cu logica expusă în vederea atingerii obiectivelor prestabilite.

Rezultatele/produsele acțiunii – la finele fiecărei activități studentul urmează să obțină anumite rezultate sau produse. De exemplu: *Tabel cu structurile și parametrii geometrici ai moleculelor studiate, problemă rezolvată, etc.*

Reflexie: autoanaliza acțiunilor – finalitatea oricărei activități educaționale presupune un proces de analiză în vederea determinării eficienței acțiunilor realizate, determinarea lacunelor, neclarităților și îmbunătățirea calității acțiunilor realizate.

Progresul studentului – rezultatul oricărui proces de formare trebuie să se soldeze cu o creștere, dezvoltare sau schimbare în bine; obținerea unui succes reprezintă progresul studentului într-un anumit domeniu.

Etapele de proiectare a activităților educaționale sunt specifice pentru fiecare etapă de formare a competenței profesionale *a ști, a ști să faci, a ști să fii, a ști să devii*.

În didactica constructivistă, finalitățile sunt foarte variate: formarea abilităților, competențelor, formarea pentru cercetare, formarea de abilități de activitate independentă și socială, abilități în rezolvarea problemelor, depășirea obstacolelor, luarea de decizii, mecanisme cognitive.

În acest context considerăm constructivismul semnificativ în formarea competenței profesionale a studentului chimist. În conformitate cu finalitățile enunțate, curriculumul interdisciplinar: *Chimia pentru viață – cercetări integrate*, va pune accentul pe cel ce învață.

În instruirea constructivistă studentului îi revine rolul decisiv: el observă, analizează critic, construiește mintal, interpretează și formulează ipoteze, rezolvă variat, proiectează, propune, dezvoltă, cooperează, negociază, apreciază. El devine colaborator, explorator în cunoașterea științifică, în stil propriu, dar cu referire la grup. Pentru a deveni astfel, el va porni de la curiozitatea naturală de a cunoaște, de la motivația internă de a cunoaște. În procesul cunoașterii (metacogniției), el va folosi autocunoașterea, autoanaliza critică, automotivarea directă și imediată; va conștientiza nivelul, evoluția, obstacolele, nereușitele; va utiliza în cogniție diferite materiale autentice, manipulative, interactive, stimulative, profesorul fiind cel care îl va stimula. Rolul profesorului este de a pune întrebări deschise, lăsând studentului destul timp pentru a căuta independent răspunsuri. Profesorul observă, îndrumă interactiv, sprijină, antrenează, colaborează. El este un manager democratic și va fi atent să raporteze sarcinile de învățare la situații, cazuri reale, autentice, prezentate direct sau simulate. Strategiile și metodele utilizate în educația universitară, având la bază constructivismul, cuprind, în cea mai mare parte: *proiecte, studii de caz, experimentare, cooperare, eseuri, dezbateri, mape tematice, aplicații multimedia, formularea de ipoteze, comparații, argumente, comunicare*.

Prioritățile mileniului III, referitor la educație, sunt formarea competențelor, în general, și a competenței de cercetare, în special, care vizează integrarea procesului instructiv-educativ cu cercetarea. Capacitățile intelectuale ale personalității sunt nemijlocit legate de calitatea și cantitatea experienței de cunoaștere și de acțiune, precum și de posibilitățile sale de a integra mental aceste cunoștințe și abilități, pentru a se putea integra atât în mediul natural cât și cel social. Procesul activ de formare și dezvoltare a competenței de cercetare v-a conduce la crearea unui context necesar pentru o educație de calitate și v-a iniția elevii în tehnicile și metodele de muncă intelectuală, v-a dezvolta interesul față de cunoaștere, v-a motiva studierea disciplinei chimia, care într-un final vor duce la formarea unei concepții și viziuni proprii despre lumea înconjurătoare și viață [153].

Chimia conform domeniul de cunoaștere, este o știință experimentală. Astfel formarea prin cercetarea experimentală este activitatea de bază a studenților de la specialitatea chimie. Implicarea studenților în activități de cercetare dezvoltă competența specifică de investigare, care constituie o etapă importantă în formarea unei personalități inovatoare, capabile să analizeze integral fenomenele ce decurg în natură. O cercetare științifică necesită aplicarea unui set larg de metode de investigare, care ar putea permite determinarea compoziției, structurii și proprietăților noilor compuși chimici, precum și domeniile de aplicare.

Experimentul este o metodă de cercetare ce favorizează realizarea unei strânse legături a teoriei cu practica, rezolvarea unor probleme științifico-tehnologice, dobândirea noilor cunoștințe. Experimentul, conceput în baza principiilor didactice constructiviste parcurge toate treptele ierarhice ale învățării, conducând elevul de la observarea unor fenomene, procese din natură prin activitate proprie la sistematizarea și generalizarea în anumite legi, principii specifice chimiei. Experimentul se combină ca metodă cu studiul de caz, fiind una dintre cele mai active metode cu valoare aplicativă. Observarea în cadrul experimentului constituie drept o sursă importantă de informație directă, dar și o metodă de cunoaștere, de gândire analitică, sistemică, de formare a deprinderilor de investigație, abilități de gândire cauzală realizată independent, de suscitare a interesului pentru oricare activitate.

În realizarea experimentului, studentul trebuie să acționeze conștient nu numai asupra unui obiect separat, dar să gândească complex asupra cauzelor și efectelor așteptate, utilizând conștient cunoștințele și abilitățile acumulate anterior cu cele formate în timpul experimentului. În cadrul cercetărilor științifice se dezvoltă intuiția, care permite realizarea unor investigații cu rezultate prognozabile, iar în cazul abaterii de la finalitățile așteptate, vor apărea condiții în care se pot dezvolta capacități precum: *deducția, comparația, sistematizarea, analiza* etc.

Așadar, o instruire constructivistă se bazează pe tehnici de fundamentare a cunoștințelor care să ofere noi dezvoltări constructiviste, astfel încât dacă pledăm pentru o învățare eficientă în

contextul formării competenței profesionale, studenții trebuie să-și construiască singuri cunoștințele, elaborând răspunsuri la întrebările pe care și le pune singur, realizând experimente adaptându-și comportamentul la situații imprevizibile cu care se poate confrunta în viața profesională.

Formarea competenței profesionale inițiale în domeniul chimiei implică o activitate intelectuală permanentă și productibilă, care dezvoltă capacități și generează abilități, aptitudini și atitudini personale ale studentului.

Strategiile și metodele utilizate în educația universitară, având la bază constructivismul, cuprind, în cea mai mare parte: *proiecte, studii de caz, experimentare, cooperare, eseuri, dezbateri, mape tematice, portofolii, aplicații multimedia, formularea de ipoteze, comparații, argumente, comunicare*. Chimia conform domeniul de cunoaștere, este o știință experimentală. Astfel formarea prin cercetarea experimentală este activitatea de bază a studenților de la specialitatea chimie. Utilizarea tehnologiilor informaționale contemporane în procesul de instruire deschide noi oportunități în formarea și dezvoltarea competențelor profesionale specifice domeniului, precum și pentru realizarea unor sarcini individuale motivante.

Procesul de formare a competențelor specifice în cadrul cursului a respectat elementele de formare a competenței:

A. Cunoștințele – dimensiune cognitivă și element structural al competenței, se exprimă prin următorii descriptori:

- ✓ cunoaștere, înțelegere și utilizare a limbajului specific;
- ✓ explicare și interpretare.

B. Abilitățile – dimensiune funcțional-acțională și element structural al competenței, se exprimă prin următorii descriptori:

- ✓ aplicare, transfer și rezolvare de probleme;
- ✓ reflecție critică și constructivă;
- ✓ creativitate și inovare.

C. Competențele transversale reprezintă achiziții valorice și atitudinale care transcend un anumit domeniu/program de studii și se exprimă prin următorii descriptori:

- ✓ autonomie și responsabilitate;
- ✓ interacțiune socială;
- ✓ dezvoltare personală și profesională [154].

Schematic, raportul dintre descriptorii competenței, procesul propriu-zis de formare și ieșirile (output) – calificare se prezintă astfel (Tabelul 3.9):

Tabelul 3.9. Raportul dintre descriptorii competenței, procesul de formare și calificare

Descriptori	Proces	Ieșiri (output)-calificare
1	2	3
4. „a ști să devii”	9. Activitate practică de simulare 8. Formare profesională 7. Interacțiune socială	<i>comportamente profesionale constructive</i>
3. valori individuale (dimensiunea afectivă) „a ști să fii”	6. Autonomie și responsabilitate 5. Creativitate și inovare	<i>comportamente constructive</i>
2. abilități (dimensiunea funcțional-achizițională) „a ști să faci”	4. Reflecție critică și rezolvare de probleme 3. Aplicare, transfer și rezolvare de probleme	<i>cunoștințe funcționale</i>
1. cunoștințe (dimensiunea cognitivă) „a ști”	2. Explicare și interpretare 1. Cunoaștere, înțelegere și utilizare a limbajului specific	<i>cunoștințe procedurale</i> <i>cunoștințe declarative</i>

Deci, formarea competențelor profesionale în cadrul cursului opțional integrat interdisciplinar a parcurs *patru etape succesive*:

1. *Etapa cunoștințelor fundamentale „a ști”*,
2. *Etapa cunoștințelor funcționale „a ști să faci”*,
3. *Etapa cunoștințelor interiorizate „a ști să fii”*,
4. *Etapa cunoștințelor exteriorizate „a ști să devii”*.

- 1. Etapa cunoștințelor fundamentale (declarative) („a ști”).**
- 2. Etapa cunoștințelor funcționale („a ști să faci”)** implică activități aplicative, practice, care transformă cunoștințele fundamentale în cunoștințe *funcționale*, numite și *cunoștințe procedurale*. În acest caz elevul prelucrează informația, interpretează informațiile asimilate, asigurând înțelegerea noilor cunoștințe.
- 3. Etapa cunoștințelor interiorizate („a ști să devii”)** se referă la modalitatea de a cunoaște și de a înțelege situațiile din viață, de a reacționa și a acționa, de a se comporta în situații necunoscute conform propriului fel de a fi. La etapa dată cunoștințele funcționale sunt interiorizate și devin abilități, deprinderi, comportamente, rezultate.

Respectivele etape, constituie în ansamblu *resursele interne*, care necesită a fi mobilizate în vederea rezolvării unei *situații semnificative* și stau la baza formării competențelor profesionale. Deci, *pentru manifestarea acestor resurse interne este indisolubilă situația*

semnificativă. O situație semnificativă reprezintă o situație din activitatea profesională, constituită din mai multe situații-problemă și având un caracter inter/transdisciplinar.

4. Etapa cunoștințelor exteriorizate implică transferul celor trei tipuri de activități de cunoaștere în contextul „a ști să devii”, adică rezolvarea oricărei situații semnificative. La această etapă elevul operează cu cunoștințele interiorizate, personalizate, conștientizate, interrelaționate, ierarhizate și propune strategii proprii de acțiune, aplicându-le, elaborează și pune în practică un proiect de lucru, evaluează și ajustează propriile activități. *Activitatea „a ști să devii” este o activitate de sinteză a procesului de cunoaștere, în care resursele interne ale elevului se exteriorizează prin anumite acțiuni concrete, realizate într-o situație semnificativă, prin comportament manifestat.*

Odată ce personalitatea studentului este exprimată în patru aspecte ca ființă socială, ca subiect al cunoașterii lumii reale, ca transformator activ al cunoașterii, prin rezolvarea oricărei situații semnificative, formarea competențelor specifice a respectat nivelele formării unei competențe specifice [155]:

- **Nivelul cunoaștere (a ști)** – acest nivel pune bazele formării și dezvoltării personalității studentului și vizează sistemul de cunoștințe științifice achiziționat în procesul de învățare. Se bazează în special pe memorare și mai puțin pe mobilizarea sistemului de gândire. Studenții rețin informațiile științifice dar nu pătrund în esența fenomenelor studiate.
- **Nivelul aplicare (a ști să faci)** – acest nivel permite operarea cu cunoștințele însușite prin aplicarea în diverse situații, inițierea în dezvoltarea capacităților cognitive de analiză, sinteză.
- **Nivelul transformare (a ști să fii)** – acest nivel permite dezvoltarea proceselor cognitive de generalizare, formarea gândirii științifice abstracte. Realizarea diverselor transformări și interpretări în viziune proprie. Crearea diverselor proiecte de cercetare.
- **Nivelul acționare (a ști să devii)** – știința de a deveni, presupune imaginarea unei strategii proprii de acțiune, punerea în aplicare a strategiilor de imagine, elaborarea unui proiect de lucru și transformarea lui în practică, executarea și ajustarea lui. Aceste cunoștințe vizează integrarea celor trei tipuri de cunoștințe prin intermediul cărora pot fi rezolvate mai multe situații, adică a ști să devii înseamnă a ști să acționezi, soluționând orice situație funcțională din realitate. Fiecărui nivel fiind-ui caracteristice trei subnivele: *minim, mediu, avansat*.

Respectiv, demersul formării competențelor specifice a respectat *Lanțul de formare a competențelor profesionale*.

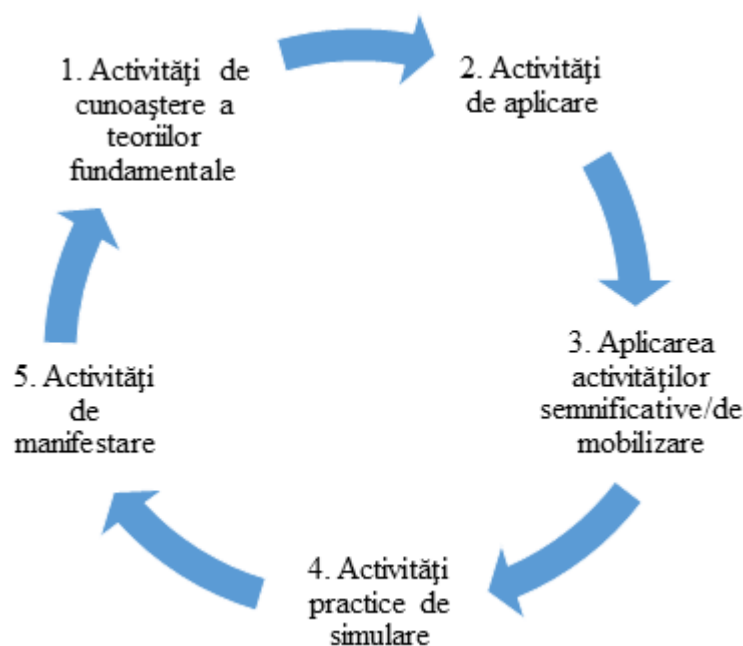


Fig. 3.12. Lanțul de formare a competențelor profesionale

Procesul de formare a urmărit formarea progresivă a competențelor specifice, de la nivelul 1 până la nivelul 4 (Tabelul 3.10):

Tabelul 3.10. Nivelulri și caracteristici ale competenței

Nivele	Caracteristici
1. Nivelul cunoștințelor fundamentale (bazat prioritar pe memorare și reproducere).	Se concentrează pe <i>receptare, memorare și atenție</i> . Studentul reține informația științifică și nu pătrunde în esența problemei. El <i>definește unele noțiuni, fapte, legi și reproduce unele date</i> .
2. Nivelul cunoștințelor funcționale (bazat pe aplicarea cunoștințelor).	Studentul aplică cunoștințele însușite, recurge la percepție, sesizare prin simțuri, iar cu ajutorul gândirii caută modalitatea de a opera cu cunoștințele, inițiind dezvoltarea capacităților de: <i>analiză, sinteză, generalizare</i> .
3. Nivelul cunoștințelor interiorizate (bazat pe creație).	Este nivelul creator. Se dezvoltă procesele mentale de <i>analiză, sinteză, generalizare</i> și se formează gândirea științifică abstractă în măsura posibilităților individuale, care se bazează pe metodologia științifică.
4. Nivelul de performanță.	Studentul operează singur cu cunoștințele interiorizate, personalizate, exteriorizându-le în <i>rezolvarea situațiilor semnificative</i> , demonstrând performanțele individuale atinse în procesul de formare a competenței. Studentul își <i>poate elabora și utiliza strategii de acțiune, poate elabora și realiza proiecte de activitate</i> .

Pentru monitorizarea gradului de formare a competențelor specifice s-a luat în calcul *Corelarea etapelor de formare a competenței profesionale cu nivelurile de evaluare* (Tabelul 3.11).

**Tabelul 3.11. Corelarea etapelor de formare a competenței profesionale
cu nivelurile de evaluare**

Nr. ord.	Etape de formare	Nivel de evaluare	Subnivele	Indicatori
I	A ști	<i>Cunoaștere</i>	Minim	Însușirea parțială a conceptelor științifice.
			Mediu	Însușirea tuturor conceptelor științifice.
			Avansat	Însușirea tuturor conceptelor științifice, ordonarea logică, sistemică, realizarea de transferuri.
II	A ști să faci	<i>Aplicare</i>	Minim	Utilizarea parțială a cunoștințelor științifice
			Mediu	Utilizarea cunoștințelor în rezolvarea situațiilor simple.
			Avansat	Utilizarea tuturor cunoștințelor achiziționate în rezolvarea situațiilor.
III	A ști să fii	<i>Transformare</i>	Minim	Conștientizarea parțială a cunoștințelor în rezolvarea sarcinilor.
			Mediu	Rezolvarea unor situații-problemă, studii de caz.
			Avansat	Rezolvarea unor situații-problemă, studii de caz manifestând creativitatea și viziune proprie în prezentarea răspunsului.
IV	A ști să devii	<i>Acțiune</i>	Minim	Operarea cu cunoștințele interiorizate, personalizate, conștientizate.
			Mediu	Propunerea și aplicarea strategiilor proprii de acțiune.
			Avansat	Elaborarea și punerea în practică a unui proiect de lucru, evaluarea și ajustarea propriilor activități.

Evaluarea curentă s-a realizat prin: observarea sistematică a modului de lucru a studenților, individual și în echipă; evaluare orală; evaluarea abilităților experimentale; prezentarea experimentelor chimice; modelare la calculator.

Au fost apreciate performanțele studenților, ținând cont de procesarea lor mentală la tema, materia studiată.

Enumerăm o serie de produse relevante ce pot fi aplicate la evaluare pentru Curriculum interdisciplinar: *Chimia pentru viață – cercetări integrate*: Tabel de sinteză privind determinarea unor compuși coordinativi: *compoziția, structura, proprietățile chimice, fizice și biologice*;

Schema de sinteză a unei serii noi de compuși coordinativi în baza liganzilor organici cunoscuți; Modelări computaționale; Proiect de cercetare, Schemă de sinteză a unei serii noi de compuși coordinativi în baza liganzilor organici cunoscuți; Algoritm de estimare a gradului de poluare și propunerea măsurilor de prevenire și protecție, Analogii, etc. Produsul este un rezultat real, necesar, realizat de student.

Una dintre cerințele pieței muncii față de viitorii specialiști, este motivația înaltă a dezvoltării personalității și atitudinea respectabilă față de munca realizată.

Astfel învățământul universitar trebuie să ofere studentului orientările necesare în formarea traiectoriei individuale a personalității și carierei profesionale, asigurându-i susținere în formarea competențelor.

3.4. Validarea experimentală a eficienței rezultatelor științifice experimentale obținute prin utilizarea metodelor matematico-statistice

Faza de control a experimentului pedagogic s-a axat pe **obiectivul: *determinarea nivelului de formare a competențelor profesionale necesare studentului chimist la etapa de control/postformare.***

A fost aplicat același **referențial de evaluare**, pe care l-am prezentat în Tabelul 3.7.

Evaluarea competenței profesionale a studenților chimiști a parcurs pașii de dezvoltare: cunoștințe, capacități, atitudini/valori identificabili cu activitățile de învățare: *a ști, a ști să faci, a ști să fii, a ști să devii*. În evaluarea nivelului de formare a competenței profesionale am determinat patru categorii de indicatori ce corespund etapelor de formare a competenței: ***cunoaștere (a ști), aplicare (a ști să faci), transformare (a ști să fii), (acționare) a ști să devii***. Fiecărui nivel fiindui caracteristice trei subnivele: minim, mediu, avansat. Evaluarea s-a realizat prin: observarea sistematică a modului de lucru a studenților, individual și în echipă; evaluare orală; evaluare intermediară în scris (Anexa 10, 11) evaluarea abilităților experimentale; prezentarea experimentelor chimice; prezentarea proiectelor, evaluarea finală examen (Anexa 12).

Evaluarea a cunoscut în ultimii ani ample dezvoltări pe plan conceptual, metodologic și strategic. Aceasta are o relevanță considerabilă asupra educației universitare, reglând calitatea și determinând eficiența procesului educațional. Evaluarea este o componentă necesară funcționării oricărui sistem, confirmând gradul de eficiență a acestuia. În esență procesul de evaluare este unul complex ce constă în compararea rezultatelor activității educaționale cu obiectivele planificate (evaluarea calității), cu resursele utilizate (evaluarea eficienței), sau cu rezultatele anterioare (evaluarea progresului) [156].

O evaluare *corectă, competentă, eficientă* schimbă comportamentul studentului, provocându-l la gândirea propriei activități de învățare, formare/dezvoltare. Actualmente evaluarea este proiectată în contextul competenței. Evaluarea privită din perspectiva competențelor presupune:

- transferarea evaluării de la verificarea și aprecierea rezultatelor la evaluarea procesului, a strategiei de învățare, purtătoare de succes;
- pe lângă achizițiile cognitive și a altor indicatori, luarea în considerație: a *personalității, atitudinilor; aplicarea în practică a celor învățate; diversificarea tehnicilor de evaluare și adecvarea acestora la situații concrete;*
- deschiderea evaluării spre viață;
- accentuarea tehnicilor de autoevaluare.

Axarea procesului educațional pe formarea de competențe are un evident impact și asupra sistemului de evaluare a rezultatelor astfel încât competența se transformă în produs al procesului educațional și devine obiect al evaluării școlare. În acest sens, G. Meyer afirmă că *nu comportamentele sunt acelea pe care le evaluăm, ci produsele acelor comportamente. Nu evaluăm competențe, ci rezultate, urme vizibile ale acestor competențe* [53].

Calitatea procesului educațional modern depinde de caracterul pozitiv al evaluării, motivarea studentului pentru autoevaluarea progresului în formarea competențelor și orientarea spre succes. În cadrul triadei predare-învățare-evaluare, această etapă are un rol important, deoarece produce efecte scontate asupra celor implicați în acest proces.

În contextul curriculumului, centrat pe competențe, procesul de evaluare va fi, în măsura posibilităților, individualizat, orientat spre interesele și succesul studentului. Este important să se încurajeze studenții pentru autoevaluare și evaluare reciprocă. Această abordare îi va ajuta să conștientizeze propriile nevoi de formare, dezvoltându-le interesul pentru învățare prin achiziționarea de *cunoștințe, abilități, competențe*.

Prezentăm în continuare unele **dovezi experimentale** în raport cu indicatorii de performanță, valorificați în cadrul experimentului.

La etapa de control au participat 31 de studenți, unde de asemenea a fost aplicat de un chestionar alcătuit din 8 itemi (Anexa 13) și rezultatele evaluării sunt redată în Tabelul 3.12 și ilustrate în Figura 3.14.

Tabelul 3.12. Rezultatele evaluării finale (după finisarea cursului opțional)

Competența	Itemul	Anul de studii	Studenti, nr.			Grad de evaluare %
			NI	NII	NIII	
de investigare; de comunicare	1. Descrieți unii compuși coordinativi din natură cunoscuți de dvs.	I	12			100
				7		50
					2	25
		II	10			100
				-		-
de investigare; de comunicare	2. Argumentați importanța unor elemente (metale) cu importanță vitală în procesele fiziologice.	I			-	-
			17			100
				4		50
		II	8			100
				2		50
de investigare; de comunicare	3. Descrieți unele metode instrumentale de determinare a compoziției și structurii compușilor chimici.	I			-	-
			7			100
				14		50
		II	5			100
				5		50
de investigare; de comunicare	4. Exemplificați importanța utilizării unor metode instrumentale contemporane de determinare a calității produselor farmaceutice, alimentare și industriale.	I			-	-
			13			100
				6		50
		II			2	25
			7			100
digitală	5. Descrieți unele soft-uri specifice domeniului Chimie.	I		2		50
					1	25
					-	-
		II	7			100
				3		50
de investigare; ecologică	6. Explicați utilitatea folosirii aplicațiilor digitale specializate în determinarea calității factorilor de mediu.	I			-	-
			17			100
				4		50
		II	9			100
				1		50
digitală; de comunicare	7. În ce măsură utilizarea diferitor soft-uri, programe speciale, aplicații digitale ar putea motiva procesul de instruire la chimie?	I			-	-
			14			100
				7		50
		II	9			100
				1		50
de investigare; de comunicare	8. În baza relației: <i>compoziție</i> → <i>structură</i> → <i>proprietăți</i> → <i>importanță practică</i> , alcătuiți un algoritm de analiză pe un caz concret.	I			-	-
			-			-
				19		50
		II			2	25
			-			-
de investigare; de comunicare		I		8		50
					2	25
					-	-
		II			2	25
					-	-

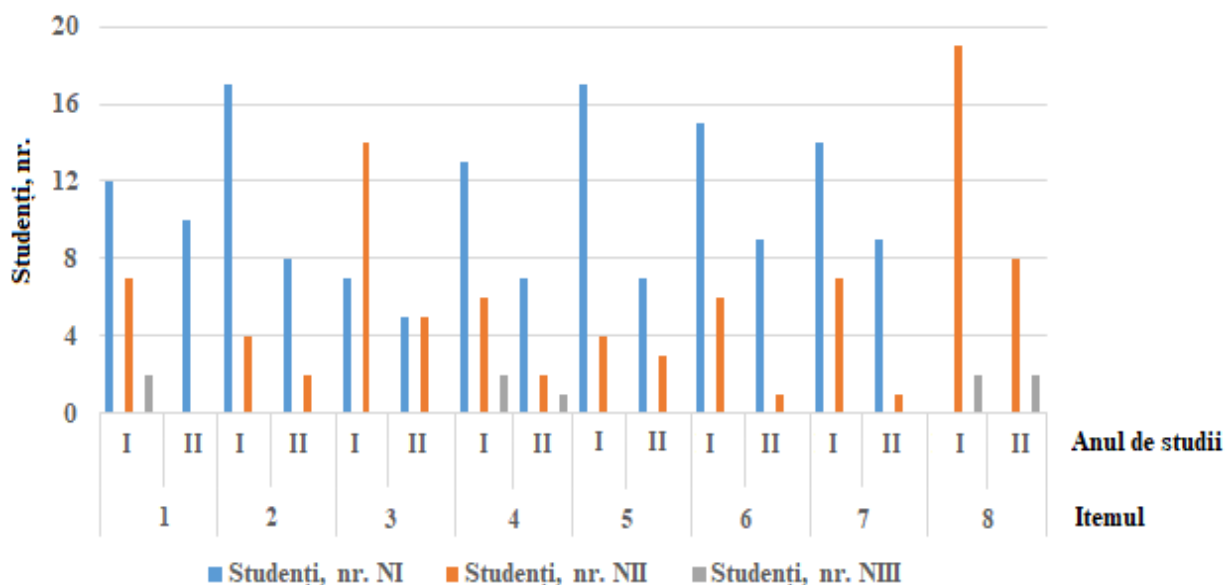


Fig. 3.14. Rezultatele evaluării finale (etapa de control)

În rezultatul analizei chestionarului la etapa de control (formare) am constatat faptul că răspunsurile de la NIII practic lipsesc, cu excepția (2 răspunsuri la itemul 1, anul I; 2 răspunsuri la itemul 4, anul I; 2 răspunsuri la itemul 8, anul I și 1 răspuns la itemul 4, anul II; 2 răspunsuri la itemul 8, anul II). Astfel, atât studenții anului I cât și cei de la anul II au formulat răspunsuri predominant la NI și NII. Comparativ cu etapa de constatare răspunsurile au un conținut mai profund, conștient, logic și mai relevant. În rezultat am constatat componenta motivațională, legată de conștientizarea orientării profesionale, a motivării și interesului față de domeniul chimiei, dezvoltarea creativității viitorilor chimiști, cât și învățarea pe parcursul vieții. Componenta cognitivă s-a reflectat prin calitatea cunoștințelor teoretice și practice formate și dezvoltate în cadrul cursului; componenta acțională – prin înțelegerea și prognozarea diferitor acțiuni, capacitatea de a lua decizii, comunicarea interpersonală. Componenta reflexivă s-a manifestat prin abilitatea de a rezolva conștient anumite situații-problemă, prin capacitatea evaluării propriilor rezultate și a procesului de învățare și de reproducere a experienței în rezultatul formării inițiale. În continuare prezentăm unele din cele mai relevante răspunsuri ale studenților de la etapa de control: de ex. la itemul 1 – hemoglobina, conține ionul Fe^{3+} , ce se conține în sângele animalelor și are funcția de transport a oxigenului spre celule și țesuturi; clorofila, conține ionul Mg^{2+} , se întâlnește în țesuturile vegetale ale plantelor și le conferă culoarea verde. La itemul 2, practic majoritatea respondenților au argumentat importanța unor metale în procesele fiziologice (anul I, 17 persoane (NI), 4 (NII); anul II, 8 persoane (NI), și 2 (NII) cu argumentarea: calciul (Ca) – asigură funcționarea normală a sistemului osteoarticular, densitatea osoasă, a celulelor musculare

și osoase; cuprul (Cu) – participă la formarea hemoglobinei și a eritrocitelor, înlesnind absorția fierului (Fe); magneziul (Mg) – intervine în sinteza proteică, reglarea ritmului cardiac; potasiul (K) – la coacerea fructelor. În cazul itemului 3, puțini au descris metodele de analiză la NI (7 persoane, anul I, 5 – anul II), restul numai le-au numit (NII, 14 persoane, anul I; 5 – anul II). La itemul 4 majoritatea studenților au exemplificat importanța utilizării metodelor instrumentale de analiză la NI (13 persoane, anul I; 7 – anul II), prin faptul că ele sunt rapide, exacte și sensibile, oferind posibilitatea efectuării unei analize în timp redus și cu exactitate. Răspunsurile la itemul 5 sunt practic majoritatea la NI (17 persoane, anul I; 7 – anul II), unde studenții au numit și au explicat utilitatea unor soft-uri specifice chimiei, cum ar fi: ChemBio, ChemDraw în reprezentarea formulelor moleculare și de structură a compușilor chimici, ChemCraft, GAMESS, GAUSSIAN pentru modelarea și vizualizarea moleculelor în 3D, restul numai le-au numit, NII (4 persoane, anul I; 3 – anul II). Utilitatea folosirii aplicațiilor digitale în determinarea calității unor factori de mediu (itemul 6) s-a regăsit în răspunsurile la NI (15 persoane, anul I; 9 – anul II), care au argumentat prin faptul că sunt ușor de utilizat, oferă posibilitatea conectării la calculator și permit determinarea unor factori de mediu destul de rapid, atât în condiții de laborator cât și în teren, restul au avut răspunsuri la NII (6 persoane, anul I; 1 – anul II), având răspunsuri mai puțin argumentate. La itemul 7, studenții au avut răspunsuri preponderent la NI (14 persoane, anul I; 9 – anul II), unde am constatat că programele speciale, soft-urile utilizate în procesul de instruire la chimie împreună cu competența digitală conduc la formarea competențelor specifice chimiei, motivează elevii/studenții la lecțiile de chimie, dezvoltă creativitatea, restul au avut răspunsuri la NII (7 persoane, anul I, 1 – anul II, au spus că este bine de folosit, dar fără careva explicații. La itemul 8 nu s-au regăsit răspunsuri la NI, majoritatea fiind la NII (19 persoane, anul I, 8 – anul II) și conțineau descrierea relației *compoziție* → *structură* → *proprietăți* → *importanță practică*, destul de argumentat, însă nu pe un caz concret. Atât la anul I, cât și la anul II avem câte 2 răspunsuri la NIII, unde chiar și descrierea relației a fost mai puțin argumentată.

Pentru a demonstra eficiența modelului elaborat și a metodologiei propuse, în procesul de implementare în predare a acestora, au fost efectuate două evaluări curente și evaluarea finală în cadrul cursului la libera alegere *Chimia pentru viață – cercetări integrate*, iar rezultatele obținute (Tabelul 3.13) au fost analizate statistic cu ajutorul testelor t-student (pentru eșantioane perechi) și Wilcoxon (test de ranguri) [157].

Tabelul 3.13. Rezultatele evaluărilor eşantionului experimental (EE)

Nr.	Codul	Evaluarea I	Evaluarea II	Evaluarea finală
1.	E1	7	7	7
2.	E2	7	8	8
3.	E3	8	9	8,6
4.	E4	8	8	8,4
5.	E5	7	8	8
6.	E6	7	7	7,4
7.	E7	8	8	8
8.	E8	8	9	9
9.	E9	8	7	8,4
10.	E10	7	8	8,4
11.	E11	8	7	7,2
12.	E12	8	9	8,2
13.	E13	8	9	9
14.	E14	9	10	9,6
15.	E15	8	9	8,6
16.	E16	7	7	7,4
17.	E17	8	9	8,2
18.	E18	9	10	8,6
19.	E19	8	9	8,6
20.	E20	7	8	8
21.	E21	8	9	8,2
22.	E22	8	9	9
23.	E23	8	9	8,2
24.	E24	9	10	9,6
25.	E25	8	9	8,2
26.	E26	6	7	7
27.	E27	8	9	9
28.	E28	6	7	7
29.	E29	8	9	7,8
30.	E30	9	10	9,2
31.	E31	6	7	7

Deoarece cursul la libera alegere *Chimia pentru viață – cercetări integrate* a fost implementat experimental doar la o grupă de studenți, care l-au studiat benevol, a fost necesară aplicarea testului t-student pentru eşantioane perechi conform demersului de comparare a scorurilor la o variabilă în diferite condiții experimentale. Remarcăm aici că se îndeplinesc condițiile impuse de realizare a acestui test: variabila dependentă (notele obținute la testări) este cantitativă; variabila dependentă este normal distribuită (Figura 3.15); variabila independentă (subiecții eşantionului experimental) este dihotomică, iar grupele sunt perechi (aceiași subiecți în situații experimentale diferite).

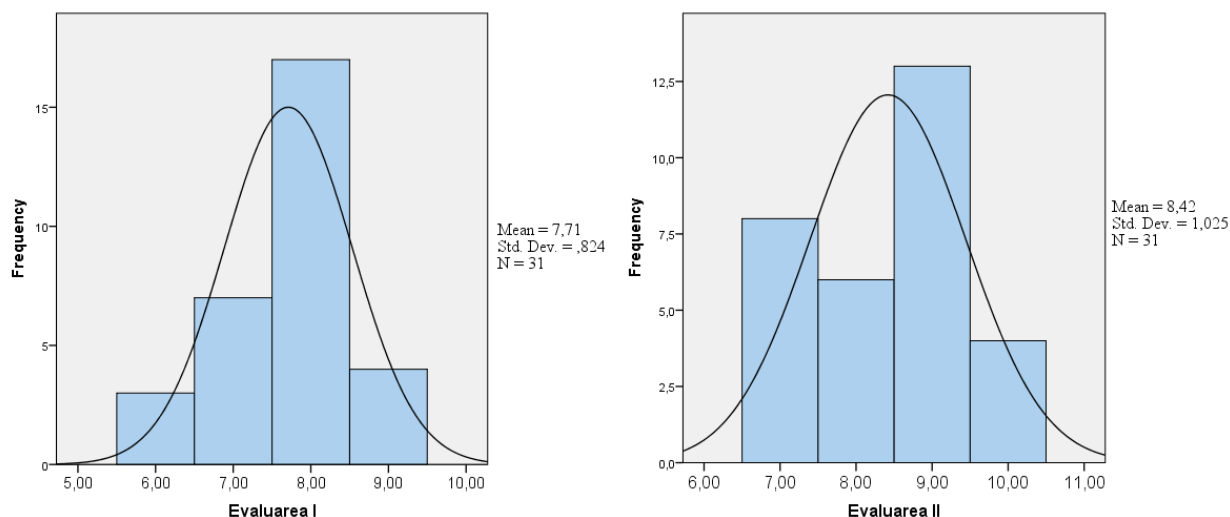


Fig. 3.15. Normalitatea distribuției rezultatelor la evaluarea I și II

În continuare prezentăm rezultatele testului t-student pentru compararea rezultatelor la evaluarea I cu cele de la evaluarea II.

Tabelul 3.14. T-Test pentru eșantioane perechi: evaluarea 1 – evaluarea II

Paired Samples Statistics (1)				
		Mean	N	Std. Deviation
Pair 1	nota la evaluarea 1	7,7097	31	,82436
	nota la evaluarea 2	8,4194	31	1,02548

Paired Samples Correlations (2)			
		N	Correlation
Pair 1	nota la evaluarea 1 & nota la evaluarea 2	31	,819

Paired Samples Test (3)										
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)	
			Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
						Lower				Upper
Pair 1	nota la evaluarea 1 nota la evaluarea 2		-,70968	,58842	,10568	-,92551	-,49384	-6,715	30	,000

În primul tabel (*Paired Samples Statistics*) se afișează pentru fiecare dintre cele două variabile – mediile, numărul subiecților, deviațiile standard și erorile standard ale mediilor. Observăm că media la evaluarea I este 7,7 iar la evaluarea II – 8,4. Cel de-al doilea tabel (*Paired Samples Correlations*) prezintă coeficientul de corelație dintre variabilele *nota la evaluarea 1* și *nota la evaluarea 2*, unde $r(29) = 0,819$, iar pragul de semnificație asociat $p = 0,000$ ($<0,001$), ceea

ce înseamnă că există o corelație pozitivă între cele două variabile. În cel de-al treilea tabel (*Paired Samples Test*) se reflectă principalele rezultate ale testului t și anume: $t(30) = 6,715$, iar $p = 0,000$ ($<0,05$), semnificativ statistic. Aceste date indică către o diferență semnificativă între rezultatele la evaluarea I și evaluarea II, media de la evaluarea II fiind semnificativ mai mare comparativ cu media de la evaluarea I. Diferența semnificativă este confirmată și de faptul că diferența dintre medii (0,7) se încadrează între limitele intervalului de încredere (cu o probabilitate de 95%), interval care nu conține valoarea zero. Reieșind din rezultatele obținute poate fi calculată mărimea efectului (d):

$$d = \sqrt{\frac{t^2}{df}} = \sqrt{\frac{t^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{6,715^2}{31-1}} = 1,2 \quad (3.1)$$

Deoarece $d \geq 1$, rezultă că demersul experimental a avut un efect *foarte puternic* asupra creșterii rezultatelor învățării, de la prima evaluare la a doua.

Același test a fost aplicat și pentru a compara rezultatele evaluării I și a celei finale, iar rezultatele obținute sunt ilustrate în Tabelul 3.15.

Tabelul 3.15. T-Test pentru eșantioane perechi: evaluarea 1 – evaluarea finală

Paired Samples Statistics (1)					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	nota la evaluare 1	7,7097	31	,82436	,14806
	nota la evaluarea finala	8,2194	31	,74360	,13356

Paired Samples Correlations (2)				
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	nota la evaluare 1 & nota la evaluarea finala	31	,803	,000

Paired Samples Test (3)									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
			Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	nota la evaluare 1 nota la evaluarea finala	-,50968	,49756	,08937	-,69219	-,32717	-5,703	30	,000

Și în acest caz (media la evaluarea I este 7,7, iar la evaluarea finală – 8,2194) există o corelație pozitivă între cele două variabile ($r(29) = 0,803$, $p = 0,000$ ($<0,001$)), iar rezultatele

testului t ($t(30) = 5,703$, $p = 0,000$ ($<0,05$)) atestă o diferență între rezultatele la evaluarea I și evaluarea finală, media de la evaluarea finală fiind semnificativ mai mare comparativ cu media de la evaluarea I. Reeșind din rezultatele obținute poate fi calculată mărimea efectului (d):

$$d = \sqrt{\frac{t^2}{df}} = \sqrt{\frac{t^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{5,703^2}{31-1}} = 1,04 \quad (3.2)$$

Mărimea efectului calculată conform rezultatelor obținute este $d = 1,04$ (≥ 1), ceea ce indică că intervenția experimentală a avut un efect *foarte puternic* asupra creșterii rezultatelor învățării, de la prima evaluare la cea finală.

O altă situație se atestă în rezultatele testului t-student pentru eșantioane perechi, atunci când comparăm mediile la evaluarea II și cea finală (Tabelul 3.16).

Tabelul 3.16. T-Test pentru eșantioane perechi: evaluare 2 – evaluare finală

Paired Samples Statistics (1)					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	nota la evaluare 2	8,4194	31	1,02548	,18418
	nota la evaluarea finala	8,2194	31	,74360	,13356

Paired Samples Correlations (2)					
			N	Correlation	Sig.
Pair 1	nota la evaluare 2 & nota la evaluarea finala		31	,846	,000

Paired Samples Test (3)									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
			Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	nota la evaluare 2 nota la evaluarea finala	,2000	,56095	,10075	-,00576	,40576	1,985	30	,056

Observăm că deși există o corelație pozitivă între variabilele cercetate (*nota la evaluare 2* și *nota la evaluarea finala*) $r(29) = 0,846$ și $p = 0,000$ ($<0,001$), totuși aceasta este una foarte slabă. Rezultatele testului t ($t(30) = 1,985$, $p = 0,056$ ($>0,05$)) sunt *nesemnificative statistic*, ceea ce indică că mediile la evaluarea II și evaluarea finală nu diferă semnificativ una față de alta. Diferența nesemnificativă este confirmată și de faptul că (cu o probabilitate de 95%) intervalul de încredere $(-0,005; 0,405)$ conține valoarea zero.

Această constatare poate fi explicată prin faptul că subiectele incluse la evaluarea finală se referă la tot conținutul cursului și cuprind un volum mare de informație, ce solicită competențe de învățare înalt dezvoltate, or pe parcursul unui curs complet nou, acest lucru este dificil de atins.

$$d = \sqrt{\frac{t^2}{df}} = \sqrt{\frac{t^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{1,985^2}{31-1}} = 0,36 \quad (3.3)$$

Mărimea efectului $d = 0,36$, este cuprinsă între 0,2 și 0,5, ceea ce indică faptul că efectul programului de intervenție asupra scăderii mediei de la evaluarea II la cea finală este unul slab.

Pe de altă parte, rezultatele testului t în acest caz pot să nu fie concludente deoarece, variabila *nota la evaluarea finală* nu este una normal distribuită, după cum se poate vedea în figura de mai jos (nu se încadrează sub curba normalității), iar aceste rezultate vor fi contestate prin intermediul altui test statistic, mai robust față de normalitatea distribuției.

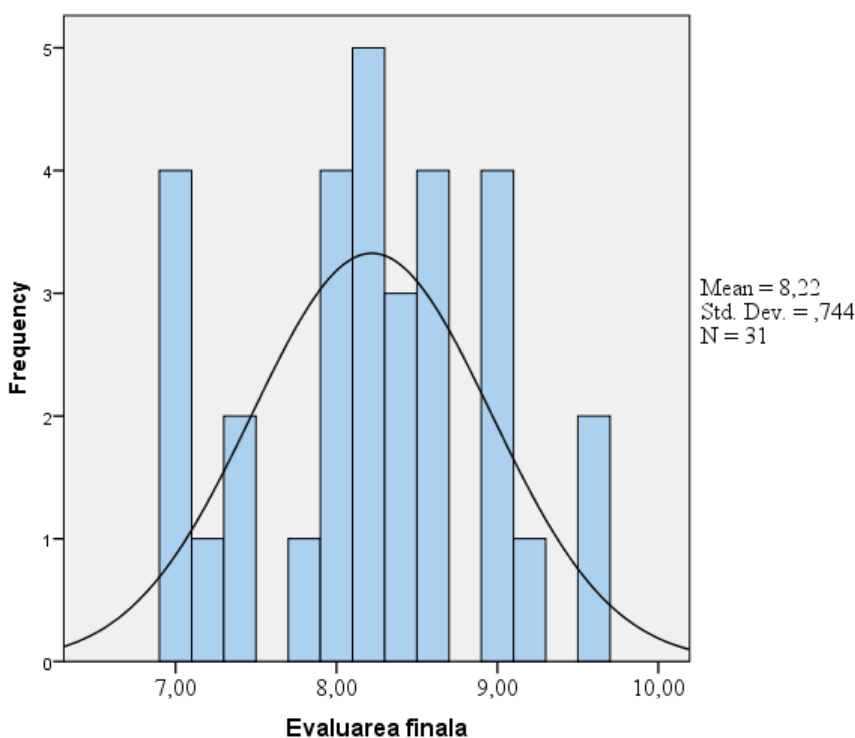


Fig. 3.16. Normalitatea distribuției rezultatelor la evaluarea finală

Pentru a confirma rezultatele obținute descrise mai sus, literatura de specialitate recomandă aplicarea a cel puțin încă unui test statistic, iar în cazul cercetării de față a fost utilizat testul Wilcoxon de compararea a două variabile perechi, deoarece eșantionul experimental are un număr relativ redus de subiecți și se îndeplinesc cerințele minime de realizare a testului: eșantioanele sunt perechi și variabila dependentă este cantitativă [157]. Testul Wilcoxon se bazează pe compararea mediilor rangurilor, ca și în cazul testului Mann-Whitney, doar că rangurile se determină după diferența dintre scorurile variabilelor examinate pentru fiecare subiect, luând în considerare

semnului diferenței (pozitiv sau negativ). În rezultatul aplicării acestui test s-a determinat dacă aplicarea metodologiei elaborate pe un lot experimental de 31 de studenți a condus la înregistrarea succesului academic de la evaluarea I până la cea finală.

Testul Wilcoxon pentru două variabile perechi a fost implementat ca și în cazul testului t-student, pentru compararea rezultatelor dintre evaluarea I și evaluarea II (Tabelul 3.17), pentru compararea rezultatelor dintre evaluarea I și evaluarea finală (Tabelul 3.18) și pentru compararea rezultatelor dintre evaluarea II și evaluarea finală (Tabelul 3.19).

Tabelul 3.17. Testul Wilcoxon pentru evaluarea 1 – evaluarea 2

Ranks (1)		N	Mean Rank	Sum of Ranks
nota la evaluare 2	Negative Ranks	2 ^a	13,50	27,00
nota la evaluare 1	Positive Ranks	24 ^b	13,50	324,00
	Ties	5 ^c		
	Total	31		

a. nota la evaluare 2 < nota la evaluare 1

b. nota la evaluare 2 > nota la evaluare 1

c. nota la evaluare 2 = nota la evaluare 1

Test Statistics ^a (2)	
	nota la evaluare 2 - nota la evaluare 1
Z	-4,315 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

În tabelul *Ranks* se prezintă suma și media rangurilor pozitive și negative, calculate pe numărul de subiecți indicat (se atestă doar două ranguri negative). Rezultatele principale ale testului sunt reflectate în tabelul *Test Statistics* și deoarece $z = -4,315$, iar $p = 0,000 (<0,05)$, rezultă că există diferențe semnificative între media de la evaluarea I și media de la evaluarea II. Sensul diferenței se determină după analiza valorilor sumei rangurilor din tabelul *Ranks*. Valoarea maximă corespunde rangurilor pozitive, fiind 324,00 ceea ce înseamnă că situații în care nota la evaluarea II este mai mare decât nota la evaluarea I sunt semnificativ mai multe (24 față de 2).

Mărimea efectului calculat conform acestor rezultate este:

$$r = \sqrt{\frac{z^2}{N}} = \sqrt{\frac{4,315^2}{31}} = 0,775 \quad (3.4)$$

și deoarece este o valoare mai mare decât 0,7 (conform valorilor de referință stabilite de Cohen), efectul se atestă a fi unul foarte puternic.

Aceste constatări confirmă rezultatele testului t-student, prin urmare înregistrându-se succes academic de la prima evaluare la cea de-a doua, iar intervenția experimentală de implementare a metodologiei elaborate a avut un efect pozitiv.

Tabelul 3.18. Testul Wilcoxon pentru evaluarea 1 – evaluarea finală

Ranks (1)		N	Mean Rank	Sum of Ranks
nota la evaluarea finala -	Negative Ranks	3 ^a	10,67	32,00
nota la evaluare 1	Positive Ranks	26 ^b	15,50	403,00
	Ties	2 ^c		
	Total	31		

a. nota la evaluarea finala < nota la evaluare 1

b. nota la evaluarea finala > nota la evaluare 1

c. nota la evaluarea finala = nota la evaluare 1

Test Statistics ^a (2)	
	nota la evaluarea finala - nota la evaluare 1
Z	-4,042 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

Tabelul 3.18 prezintă rezultatele ce confirmă constatările în urma aplicării testului Wilcoxon pentru evaluarea I și evaluarea finală, și anume ($z = -4,042$; $p = 0,000$) că există diferențe semnificative între media de la evaluarea I și media de la evaluarea finală, în favoarea celei din urmă, deoarece suma rangurilor cea mai mare este 403,00 și corespunde rangurilor pozitive, iar efectul este unul foarte puternic ($r = 0,726 \geq 0,7$).

$$r = \sqrt{\frac{z^2}{N}} = \sqrt{\frac{4,042^2}{31}} = 0,726 \quad (3.5)$$

Tabelul 3.19. Testul Wilcoxon pentru evaluarea 2 – evaluarea finală

Ranks (1)		N	Mean Rank	Sum of Ranks
nota la evaluarea finala -	Negative Ranks	13 ^a	11,27	146,50
nota la evaluare 2	Positive Ranks	6 ^b	7,25	43,50
	Ties	12 ^c		
	Total	31		

a. nota la evaluarea finala < nota la evaluare 2

b. nota la evaluarea finala > nota la evaluare 2

c. nota la evaluarea finala = nota la evaluare 2

Test Statistics ^a (2)	
	nota la evaluarea finala - nota la evaluare 2
Z	-2,106 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	,035

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on positive ranks.

Tabelul 3.19 se referă la compararea rezultatelor de la evaluarea II și cea finală, analiză ce în cazul testului t nu a identificat diferențe semnificative între aceste rezultate. De această dată, deoarece $z = -2,106$, iar $p = 0,035$ ($<0,05$), rezultă că există diferențe semnificative între nota de la evaluarea II și nota de la evaluarea finală. Sensul diferenței este evidențiat din analiza *Sumei Rangurilor* din tabelul *Ranks*, în care se atestă că valoarea cea mai mare este 146,50 și corespunde rangurilor negative, adică situațiilor în care rangurile variabilei evaluarea II sunt mai mari comparativ cu rangurile variabilei evaluarea finală.

$$r = \sqrt{\frac{z^2}{N}} = \sqrt{\frac{2,106^2}{31}} = 0,378 \quad (3.6)$$

Totuși mărimea efectului $r = 0,378 \geq 0,3$, indică, spre deosebire de cea calculată în cazul testului t , că se atestă un efect mediu al programului de intervenție asupra descreșterii mediei la evaluarea finală, față de evaluarea a II.

În *concluzie*, putem afirma că intervenția experimentală de implementare a modelului și metodologiei elaborate în urma cercetării pedagogice efectuate de autor, a avut în general un efect pozitiv, demonstrând diferențe semnificative între mediile de la evaluarea I, evaluarea II și evaluarea finală (cu mici excepții argumentate mai sus), atestându-se succes academic important pentru subiecții implicați în experiment.

În contextul aceleiași faze a experimentului – cea de control – la finalizarea cursului interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate* am aplicat un chestionar alcătuit din 10 întrebări (Anexa 14) pentru a constata **atitudinea și gradul de satisfacție** al studenților față de acest curs. Rezultatele chestionării sunt următoarele (unele din cele mai relevante răspunsuri):

Itemul 1. Cum credeți, sunt necesare cunoștințe integrate pentru studierea și înțelegerea mai profundă a fenomenelor și proceselor chimice? De ce?

- da, sunt necesare cunoștințe integrate, deoarece ne permit înțelegerea fenomenelor și proceselor chimice ce decurg între substanțe;
- sporește procesul de instruire la chimie;
- deoarece vedem și înțelegem unele fenomene din mai multe perspective;
- deoarece se lărgeste arealul de cunoaștere și înțelegere a chimiei;

- deoarece în viața de zi cu zi chimia se regăsește în marea majoritate a produselor;
- deoarece fiecare proces/fenomen chimic nu poate să existe separat de alte fenomene: fizice, biologice;
- sporește procesul de instruire la chimie făcând referire la disciplinele conexe;
- deoarece ele ne largesc cunoștințele în domeniu, ne pregătesc în plan profesional și înțelegem mai profund chimia;
- ne stimulează să cunoaștem mai bine chimia;
- deoarece chimia este completată de biologie, fizică, matematică etc.;
- deoarece ne vor ajuta la înțelegerea proceselor chimice și la largirea arealului în domeniul profesional.

Itemul 2. Astfel de studii interdisciplinare ar contribui la pregătirea profesională inițială a viitorului chimist? Explicați.

- ar contribui substanțial, deoarece formarea unui specialist este nevoie de a fi multilaterală, ridicând nivelul general al cunoașterii și aplicării competențelor formate;
- contribuie prin faptul că au un caracter aprofundat special;
- orice disciplină studiată contribuie la pregătirea profesională a viitorului chimist în special cele interdisciplinare vor permite realizarea unui potențial de succes în cariera aleasă;
- deoarece o știință nu poate exista separat și pentru a înțelege noi facem referință la alte științe;
- desigur, aceasta permite perfecționarea cunoștințelor precum și largirea arealului de aplicare al lor;
- fiindcă acestea îi oferă desfășurarea domeniului în care activează și simplifică munca;
- fiindcă sunt de folos pe parcursul pregătirii profesionale;
- deoarece aceste studii interdisciplinare contribuie la pregătirea profesională inițială prin faptul că devenim mai aprofundați în domeniu și ai un bagaj mai mare de informații;
- deoarece au un caracter de complementaritate în scopul aprofundării specialității;
- deschide alte viziuni pentru înțelegerea chimiei și a metodelor de analiză;
- deoarece disciplinele se completează și astfel de studii contribuie la pregătirea profesională a viitorului chimist;
- deoarece combinarea disciplinelor completează bagajul de cunoștințe,
- oferă alte posibilități și viziuni pentru înțelegerea mai profundă a chimiei.

Itemul 3. Cum considerați, Chimia este mai motivantă atunci când se folosește în practica de lucru calculatorul? De ce?

- permite vizualizarea structurii compușilor chimici;

- diferite programe/soft-uri ne ușurează munca, ne ajută în practică, astfel chimia devenind mai efektivă și mai motivantă;
- chimia fără calculator ar fi imposibilă, deoarece cu ajutorul lui putem desena, modela, transcrie formule chimice etc.;
- deoarece te poți implica personal;
- deoarece oferă posibilitatea vizualizării structurii compușilor;
- vizualizând unele imagini 3D este mai clar de observat și înțeles unele lucruri;
- de a aplica unele cunoștințe în alt mod;
- aflăm cunoștințe în formă diferită;
- deoarece studenții pun la contribuție imaginația și ingeniozitatea;
- simplifică învățământul;
- ne oferă posibilitatea de a reda unele aspecte care erau doar la nivel imaginar, prin scheme, structuri, reactivitate;
- pot aplica cunoștințele dobândite la cursuri mai ușor;
- studenții își îmbogățesc imaginația, au curiozitate și ingeniozitate și chiar sunt mai motivați;
- este un instrument util și de ajutor, deschide noi oportunități;
- deoarece integrăm competența digitală cu unele competențe specifice chimiei.

Itemul 4. Ce metode fizice de analiză ați folosi la determinarea compoziției și structurii compușilor?

- analiza în IR, rezonanța magnetică nucleară (RMN);
- IR și RMN, deoarece sunt metode contemporane, rapide și exacte;
- analiza termică;
- spectrofotometria;
- difracția cu raze X.

Itemul 5. Cum credeți în formarea profesională a unui chimist sunt necesare cunoștințe din domeniile conexe: biologie, fizică, informatică, matematică? De ce?

- toate aceste domenii conexe pot fi aplicate în chimie și permit tânărului specialist să posede cunoștințe integrate, aprofundate în domeniul chimiei;
- un areal mai mare de cunoștințe în diferite domenii mereu este un avantaj, deoarece în formarea profesională ne ciocnim cu diferite întrebări ce necesită informații din aceste domenii;
- aceste cunoștințe pot fi aplicate în chimie pentru analiza mai complexă a compușilor;
- în rezultat formarea unui chimist devine mai aprofundată;
- deoarece acestea duc la descoperirea unor noi viziuni asupra unor compuși;

- cunoștințele primite sunt aplicate în practică, ceea ce permite formarea profesională a unui chimist;
- cunoștințele din domeniile conexe aplicate în chimie îi permit unui specialist să posede cunoștințe integrate, aprofundate în chimie;
- sunt necesare la explicarea unui proces sau fenomen;
- oferă noi oportunități și ușurează procesul de învățământ;
- da, deoarece fiecare disciplină se completează una pe alta;
- fiindcă pentru a explica procesele/fenomenele chimice, un chimist are nevoie a implica metode și tehnici specifice altor discipline;
- deoarece unele procese studiate integrat/interdisciplinar sunt mai ușor de înțeles;
- contribuie la o pregătire eficientă profesională;
- cunoștințele din diferite domenii vor forma un chimist bine pregătit și informat.

Itemul 6. Studiarea acestei discipline va contribui la formarea profesională a viitorului chimist? Prin ce?

- prin cunoașterea metodelor de analiză;
- deoarece prin diverse metode și completarea chimiei cu alte științe ea devine mai interesantă;
- prin intermediul acestei discipline noi ne formăm profesional ca viitori chimiști, deoarece ni s-a oferit o informație suplimentară în privința domeniilor de aplicare a metodelor de analiză;
- deoarece cunosc mai multe informații care mă vor ajuta să pun în aplicare unele soft-uri și metode;
- în activitatea profesională sunt necesare toate disciplinele;
- inițiază studierea aprofundată de la sinteză → structură → proprietăți → aplicație;
- ne oferă noi cunoștințe în domeniul chimiei și nu numai;
- prin integrarea în lumea tehnologiilor și a metodelor virtuale de analiză;
- prin dezvoltarea anumitor competențe în domeniul chimiei;
- prin studierea integrată a unor procese și fenomene;
- deoarece are loc explicarea unui proces sau fenomen mai ușor și este mai simplu de înțeles;
- deoarece un chimist competent trebuie să cunoască și să aplice metodele de analiză și modelare moderne pentru a realiza cercetări în domeniul chimiei;
- dezvoltă anumite competențe în domeniul chimiei;
- se deschid alte oportunități pentru integrarea profesională cât și socială.

Itemul 7. După părerea dvs. care modul v-a motivat mai mult și de ce?

Unele din răspunsurile studenților sunt expuse în Tabelul 3.20 și ilustrate în Figura 3.17.

Tabelul 3.20. Preferințele studenților referitor la modulele curriculum-ului

Modulul	Preferințele
1. Obținerea compușilor cu proprietăți utile (4 persoane, 12,9%)	- am cunoscut unele metode de sinteză a liganzilor; - am cunoscut o serie de compuși coordinativi și domenii de aplicare a lor, metode de sinteză a compușilor coordinativi, sinteza unor liganzi.
2. Metode instrumentale de analiză a compoziției și structurii compușilor (8 persoane, 25,81%)	- am aflat despre unele metode de determinare a structurii și compoziției compușilor; - putem aprecia la un nivel mai înalt structura și proprietățile compușilor.
3. Metode de modelare a compoziției și structurii compușilor (19 persoane, 61,29%)	- prin modelare putem observa structura substanței; - am aflat despre diferite programe care ne permit modelarea compușilor și vizualizarea lor 3D; - deoarece este necesară combinarea calculatorului cu diferite soft-uri specifice chimiei; - am cunoscut diferite metode de modelare pe care am să le aplic pe viitor.
4. Auditul ecologic și modalități de determinare a calității factorilor de mediu (utilizarea senzorilor) (3 persoane, 9,68%)	- elaborarea experimentelor cu senzorii Neulog; - aplicația Neulog este ușor de folosit, rapidă și permite folosirea atât în laborator, cât și în teren.

La itemul acesta majoritatea au optat pentru un modul, iar doi studenți pentru 2 module.

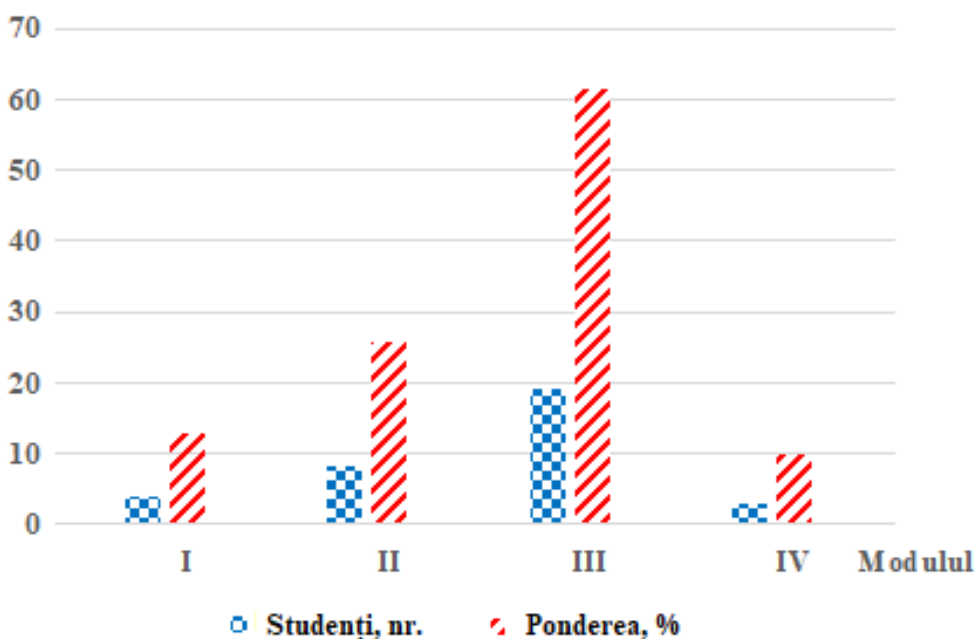


Fig. 3.17. Ponderea preferințelor

Itemul 8. După părerea dvs. ce poate fi schimbat în procesul de instruire la chimie pentru ca disciplina să devină mai motivantă?

- de aplicat toată teoria în practică,
- mai multe aparate pentru utilizarea sau punerea în practică a cunoștințelor obținute;
- mai multe activități practice și de integrat studiul cu cercetarea;
- consider că ar trebui de schimbat doar atitudinea elevilor față de disciplină;
- chimia trebuie studiată și încadrată în fiecare obiect, cu diferite teme interesante și motivante;
- ieșirea în teren, excursii la fabrici și uzine;
- implicarea activă a TIC, activități practice, interdisciplinaritate.

Itemul 9. În viziunea dvs. ce este necesar pentru formarea competenței profesionale inițiale a unui chimist?

- sunt necesare cunoștințe la nivel interdisciplinar;
- un bagaj de cunoștințe inițiale ulterior aprofundate și de multă experiență;
- cunoștințe profunde în domeniul chimiei și din domeniile conexe;
- de utilizat legăturile interdisciplinare;
- aplicarea cunoștințelor în practică;
- cunoștințe suplimentare, individuale;
- o bază stabilă în domeniul practic și sânguință;
- o pregătire teoretică și practică;
- formarea și înțelegerea proceselor complexe din punct de vedere interdisciplinar;
- de integrat legăturile interdisciplinare, care ne vor ajuta să creștem în cunoștințe și să evoluăm;
- studierea integrată a disciplinelor conexe;
- cunoașterea soft-urilor digitale, competențe analitice,
- competențe analitice, practică și cunoștințe inițiale.

Itemul 10. Comentați atitudinea dvs. față de curriculumul interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate*.

- a fost un curs interesant și prin intermediul lui am aflat unele metode moderne de analiză a compușilor chimici;
- am obținut cunoștințe interdisciplinare, a fost captivant fiecare modul, iar cunoștințele căpătate vor fi aplicate ulterior;
- am învățat unele metode de modelare a compușilor chimici, utilizarea senzorilor Neulog și alte cunoștințe care vor fi folosite în viitor;

- m-a inițiat în studierea aprofundată, căpătând cunoștințe interdisciplinare, am studiat mai profund unele procese și fenomene chimice, am cunoscut unele programe de modelare ce m-au captivat;
- mi-a extins orizontul de cunoaștere în acest domeniu și m-a motivat să cunosc mult mai multe;
- am rămas satisfăcut de calitatea predării acestei discipline și consider că poate fi o disciplină cu imbold în domeniu;
- a fost un curs binevenit, deoarece permite studierea chimiei mai aprofundat și ne-a oferit oportunități de a studia noi metode de analiză;
- a fost unul interesant, plin de informație utilă și prin intermediul lui am descoperit unele caracteristici ale chimiei, am aflat noi metode de analiză și de modelare a compușilor chimici;
- este un curs ce contribuie la formarea competenței profesionale;
- mi s-a format o atitudine pozitivă, fiind implicată în studii cu aspect interdisciplinar;
- este binevenit un astfel de curriculum integrat, deoarece permite studierea chimiei mai aprofundat și oferă oportunități de a studia și aplica noi metode de analiză necunoscute până în prezent;
- a fost destul de eficient și interesant și ar fi bine dacă s-ar introduce în cadrul facultății ca obiect obligatoriu;
- este binevenită o astfel de disciplină, deoarece permite studierea proceselor chimice integral.

3.5. Concluzii la Capitolul 3

În baza modelului elaborat a fost argumentată organizarea și desfășurarea experimentului pedagogic. Interpretarea rezultatelor aplicării metodei de chestionare și a metodelor matematico-statistice de prelucrare a datelor experimentale a permis evidențierea următoarelor concluzii:

1. Rezultatele experimentului de constatare au confirmat faptul că abordarea tradițională a conținuturilor în formarea competențelor profesionale la chimie este insuficientă, prin urmare, este necesar un model de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar prin integrarea conținuturilor de chimie cu biologia, fizica, informatica, matematica.
2. La etapa de constatare în eșantionul experimental nivelul de formare inițială a competențelor profesionale a fost relativ redus, unde au predominat răspunsuri la nivelurile II (50%) și III (25%). În majoritatea cazurilor lipsește profunzimea răspunsurilor, gândirea logică, consistența, relevanța și originalitatea ideilor.
3. După aplicarea modelului de formare inițială a competențelor profesionale în context interdisciplinar, nivelul de dezvoltare a competențelor profesionale a crescut semnificativ și comparativ cu etapa de constatare au predominat răspunsuri la nivelurile I (100%) și II (50%) cu un conținut mai profund, conștient, logic și mai relevant. În consecință, am constatat componenta motivațională, legată de conștientizarea orientării profesionale, a motivării și interesului față de domeniul chimiei, dezvoltarea creativității viitorilor chimiști, cât și învățarea pe parcursul vieții. Componenta cognitivă s-a reflectat prin calitatea cunoștințelor teoretice și practice formate și dezvoltate în cadrul cursului; componenta acțională – prin înțelegerea și prognozarea diferitor acțiuni, capacitatea de a lua decizii, comunicarea interpersonală. Componenta reflexivă s-a manifestat prin abilitatea de a rezolva conștient anumite situații-problemă, prin capacitatea evaluării propriilor rezultate și a procesului de învățare și de reproducere a experienței în rezultatul formării inițiale.
4. În experimentul de formare s-a demonstrat eficiența integrării conținuturilor în studierea cursului interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate*, unde integrarea interdisciplinară a conținuturilor s-a făcut prin intermediul domeniului corespondențelor directe și indirecte.
5. Realizarea experimentului pedagogic a permis constatarea schimbărilor semnificative în grupul experimental, unde în urma implementării cursului interdisciplinar a sporit motivația, implicarea, gradul de colaborare, succesul academic al studenților.

CONCLUZII GENERALE ȘI RECOMANDĂRI

Cercetările teoretice și practice efectuate au permis identificarea și descrierea bazei teoretico-metodologice ale elaborării *Modelului pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar* și implementării lui prin integrarea optimă a conținuturilor de chimie cu fizica, biologia, informatica, matematica, în cadrul cursului interdisciplinar (la libera alegere) *Chimia pentru viață – cercetări integrate*, din perspectiva formării competențelor profesionale ale viitorilor specialiști în domeniul chimiei. Rezultatele teoretice și experimentale obținute au condus la confirmarea ipotezei cercetării și realizarea obiectivelor propuse și ne permit să formulăm următoarele **concluzii**:

1. Percepția scăzută a noțiunii de competență și competență profesională în viziunea studentului chimist și a necesității de formare și dezvoltare a acestora, sugerează ideea valorificării acestor concepte prin intermediul unui curriculum interdisciplinar.
2. În scopul eficientizării și motivării procesului de instruire la chimie a fost elaborat *Modelul pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar* în baza analizei literaturii de specialitate, a investigației conceptuale și metodologice de formare a competenței profesionale.
3. Elaborarea modelului pedagogic de formare inițială a competențelor profesionale la chimie a permis crearea unei metodologii eficiente de formare și dezvoltare a competențelor profesionale inițiale a studenților chimiști în context interdisciplinar. Metodologia elaborată contribuie la dezvoltarea activității cognitive a studenților, acumularea cunoștințelor din domeniul de specializare și la formarea abilităților necesare pentru inserția în domeniul profesional de activitate [158].
4. În metodologia de implementare a Modelului elaborat au fost argumentate și justificate condițiile și premisele pedagogice cât și metodologice, care influențează formarea și dezvoltarea competențelor profesionale inițiale la chimie în context interdisciplinar: condiții motivaționale, condiții de integrare interdisciplinară, metode de învățare active și interactive.
5. În baza modelului propus s-a elaborat Curriculumul cursului interdisciplinar la liberă alegere *Chimia pentru viață – cercetări integrate*, Ghidul de utilizare a senzorilor în procesul de instruire la chimie, teste de evaluare interactiv-formativ, teste de evaluare finală, sarcini individuale, fapt ce a permis ca conținutul să fie desfășurat eficient [159].
6. Curriculumul cursului interdisciplinar la liberă alegere elaborat *Chimia pentru viață – cercetări integrate* vizează formarea competențelor profesionale ale studenților chimiști prin achiziționarea competențelor specifice necesare, formarea unei viziuni integre asupra naturii,

dezvoltarea capacităților de analiză și gândirea integrată, și a abilităților de exprimare personală în dezbaterile de idei, cultivarea unei atitudini tolerante față de mediul ambiant [149, 160].

7. Cercetarea experimentală este activitatea de bază în formarea inițială a studenților chimiști, iar utilizarea tehnologiilor informaționale contemporane specifice chimiei, în procesul de instruire deschid noi oportunități în formarea și dezvoltarea competențelor profesionale specifice domeniului, precum și pentru realizarea unor sarcini individuale motivante [161, 162].
8. În experimentul de formare s-a demonstrat eficiența integrării conținuturilor în studierea cursului interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate*. În mod special ne-am axat pe integrarea interdisciplinară a conținuturilor prin intermediul domeniului corespondențelor directe și indirecte.
9. Realizarea experimentului pedagogic a permis constatarea schimbărilor semnificative în grupa experimentală, unde în rezultatul implementării cursului interdisciplinar a sporit motivația, implicarea, gradul de colaborare, succesul academic al studenților.
10. Obiectivele cercetării au fost realizate, astfel contribuind la soluționarea **problemei cercetării**: *care sunt reperele teoretice și metodologice ale formării și dezvoltării inițiale a competențelor profesionale ale studentului chimist în context interdisciplinar*. Soluționarea problemei de cercetare și realizarea obiectivelor propuse sunt confirmate prin rezultatele publicate în lucrările [55, 107, 108, 130, 131, 132, 133, 138, 139, 140, 141, 154] și oferă posibilitatea eficientizării procesului instructiv la chimie, inclusiv în cadrul cursului interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate*, prin integrarea conținuturilor disciplinei chimia cu fizica, biologia, informatica, matematica.

Reieșind din cele expuse anterior putem face următoarele **recomandări**:

➤ *pentru profesori*:

1. În scopul îmbunătățirii activității profesionale a cadrelor didactice din învățământul universitar și preuniversitar, propunem documentarea și utilizarea metodologiei în conformitate cu cerințele modelului pedagogic elaborat.
2. Cu scopul eficientizării activității cadrelor didactice din învățământul universitar și preuniversitar propunem integrarea calitativă a conținuturilor interdisciplinare în procesul educațional la chimie, prin implementarea experienței acumulate ca suport metodologic pentru formarea continuă în acest domeniu, prin studierea materialelor publicate la acest compartiment.
3. Valorificarea metodologiei de formare inițială a competențelor profesionale prin activități de învățare la studenții chimiști în completarea și modernizarea Curricula altor discipline de specialitate, elaborarea unor lucrări cu caracter metodic, suporturi de curs etc.

➤ *pentru autorii de manuale și materiale didactice:*

1. De promovat la nivel de Curriculum școlar, cât și universitar a studiilor interdisciplinare în baza cercetărilor axate pe utilizarea metodelor de investigare din domeniile înrudite.

➤ *pentru studenți și masteranzi:*

1. Rezultatele obținute în cadrul cercetării pot fi implementate în procesul de formare inițială a cadrelor didactice în domeniul chimiei prin studierea modelului pedagogic și a metodologiei de implementare elaborate în scopul aplicării ulterioare în activitatea didactică pe care o vor desfășura, la realizarea tezelor de licență și master, în cercetările personale.

BIBLIOGRAFIE

1. Codul Educației al Republicii Moldova [citată 26.07.2016]. Disponibil: <http://lex.justice.md/md/355156/>.
2. WHITE, R. W. Motivation reconsidered: The concept of competence. In: *Psychological Review*. 1959, 66 (5), pp. 297–333. ISSN: 0033-295X.
3. Noțiunea de competență [citată 01.12.2017]. Disponibil: [https://en.wikipedia.org/wiki/Competence_\(human_resources\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Competence_(human_resources)).
4. BOTGROS, I., FRANȚUZAN, L., SIMION, C. *Competența de cunoaștere științifică – sistem optimizator. Ghid metodologic*. Chișinău: IȘE, 2015. 128 p. ISBN:978-9975-48-076-5.
5. *Dicționarul universal ilustrat al limbii române*. București, Editura Litera Internațional, 2010, Vol. 3, 360 p., p. 46. ISBN: 978-973-675-948-2.
6. WEINERT, F. *Definition and Selection of Competencies Concepts of Competence*, Max Planck Institute for Psychological Research [online]. Munich, Germany, 1999, 36 p., p. 5. [citată 12.06.2019]. Disponibil: <https://pdfs.semanticscholar.org/8b88/efa9dd5e0a4b605aea6e5e3b9ec640beb089.pdf>.
7. ЗИМНЯЯ, И. А. *Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования/ И. А. Зимняя //Высшее образование сегодня*, 2003, № 5, 54 с. ISSN:1726-667X.
8. JONNAERT, Ph., ETTAYEBI, M., DEFISE, R. *Curriculum și competențe. Un cadru educațional*, ED. ASCR, Cluj-Napoca, 2010, 119 p., p. 77. ISBN: 978-973-7973-98-6.
9. ROEGIERS, X. Manualul școlar și formarea competențelor în învățământ. In: *Didactica Pro*. 2001, nr. 2(6), p. 31-30. ISSN 1810-6455.
10. Ufficio Scolastico Regionale per la Campania, [online]. *Polo Qualità di Napoli*. 2010. [citată 14.10.2017]. Disponibil: <http://www.campania.istruzione.it>.
11. PERRENOUD, Ph. *Construire des competences dès l'école*. Paris: ESF editeur, 2011, 125 p. ISBN-13: 978-2710123224.
12. Cadrul de referință al Curriculumului național [citată 13. 03.2018]. Disponibil: http://particip.gov.md/public/documente/137/ro_3966_CadruldereferintaalCurriculumuluiNational23022017.pdf.
13. PÂSLARU, Vlad. Evaluarea – al patrulea pilon al reformei școlare. In: *Didactica Pro...* 2005, nr. 5-6, p. 34-37. ISSN: 1810-6455.
14. Cadrul Național al Calificărilor din învățământul superior [citată 26.07.2016]. Disponibil: http://www.edu.gov.md/sites/default/files/cnc_22_31_32_33_34_38_42_44_55_85.pdf.

15. MARCUS, S. *Competența didactică, perspectiva psihopedagogică*. București: Editura ALL Educational, 1999. ISBN: 973-684-016-6.
16. CARA, A., GUȚU, VL., GREMALSCHI, A., SOLOVEI, R., BACIU, S. *Standarde de formare continuă a cadrelor didactice din învățământul secundar general*. Ch.: ME, 2007, 88 p. ISBN: 978-9975-79-418-3.
17. PAQUAY, L. *Vers un référentiel des compétences professionnelles de l'enseignant?* [online]. Recherche et Formation, Nr. I5 - Juin 1994, p. 7. [citat 23.08.2017]. Disponibil: <http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/recherche-et-formation/RR016-02.pdf>
18. Regulamentul cu privire la formarea continuă a adulților [citat 12.07.2018]. Disponibil: <http://lex.justice.md/md/369645/>.
19. ЗЕЕР, Э. Ф. *Психология профессий: учебное пособие для студентов вузов* / Э. Ф. Зеер. – 2-е изд., перераб., доп. – М.: Академический Проект; Екатеринбург: Деловая книга, 2003. 336 с. ISBN: 5-88687-147-0.
20. ЖУРБЕНКО, Л. Н. *Дидактическая система гибкой многопрофильной математической подготовки в технологическом университете*: дис. д-ра пед. наук / Л.Н. Журбенко. Казань, 2000. 451 с.
21. GUȚU, Vladimir. Modelul absolventului universitar: abordare axată pe competențe. In: *Materialele Conferinței științifice internaționale: Calitatea formării specialiștilor în învățământul superior: strategii, forme, metode*. Universitatea de Stat „Al. Russo”. Vol. I. Bălți: Presa Universitară Bălțeană, 5-7 octombrie 2005, pp. 142-145. ISBN: 978-9975-50-060-9.
22. GUTU, VL., MURARU, E., DANDARA, O. *Proiectarea standardelor de formare profesională în învățământul universitar*. Chișinău, 2003, 86 p. ISBN: 9975-70-348-8.
23. RACU, Igor. ș.a. *Psihologia dezvoltării și psihologia pedagogică*. Ch.: Ed. Tipografia centrală, 2007, 160 p. ISBN: 978-9975-48-039-0.
24. BOTGROS, I., FRANTUZAN, L. Competența profesională a cadrului didactic – condiție decisivă în implementarea curriculumului școlar. In: *Univers Pedagogic*, 2010, Nr. 4, pp. 38-44. ISSN: 1811-547.
25. JINGA, I., ISTRATI, E. *Manual de pedagogie*. Ed. a II-a, București: All Educațional, 2006, 567 p. ISBN: 973-370-137-2.
26. SILISTRARU, N., GOLUBIȚCHI, S. *Pedagogia învățământului superior. Ghid metodologic*. Ch.: UST, 2014, 192 p. ISBN: 978-9975-76-102-4.

27. JOIȚĂ, E. (coord). *Formarea pedagogică a profesorului. Instrumente de învățare cognitiv-constructivistă*, București: Ed. Didactică și Pedagogică, R.A, 2008. 399 p. ISBN: 978-9733-0233-88.
28. GLOBU, Nelea. Dimensiunile competenței profesionale a învățătorului. In: *Materialele CȘI Probleme actuale ale științelor filologice, psihologice, pedagogice și social politice*, UST, Vol. I, Chișinău, 2010, p. 98-101. ISBN: 978-9975-76-041-6.
29. DUMBRAVEANU, R., PÂSLARU, VL., CABAC, V. *Competențe ale pedagogilor: Interpretări*. Chișinău, Editura „Continental Grup”, 2014, 192 p. ISBN: 978-9975-9810-5-7.
30. Dicționar explicativ român [online], [citat 23.03.2017]. Disponibil: <https://dexonline.ro/definitie>.
31. ПОДЛАСЫЙ, И. П. *Педагогика: 100 вопросов - 100 ответов: учеб. пособие для вузов/ И. П. Подласый*. М.: ВЛАДОС-пресс, 2006. 365 с. ISBN: 5-305-00038-6.
32. Словарь педагогических терминов [online], [citat 23.03.2017]. Disponibil: <http://citoweb.yspu.org/link1/metod/met40/node17.html>.
33. ИВАНОВА, Татьяна. *Формирование педагогической культуры будущего учителя в учебном процессе (на материале дисциплин педагогического цикла): автореф. дис. канд. пед. наук / Т. В. Иванова*. – Волгоград, 1991, 18 с.
34. ZLATE, M. *Introducere în psihologie*. București: Casa de Editură și Presă Șansa SRL, 1994. ISBN: 973-9167-19-5.
35. *Planuri de învățământ. Specializările ciclului I (licență). Specializările ciclului II (masterat)*. Facultatea de Biologie și chimie. Chișinău, 2018.
36. [citat 23.12.2019]. Disponibil: https://mecc.gov.md/sites/default/files/sc6cncrmprofesorcu_specializareladiversedisciplinescolare.pdf.
37. NICULESCU, R. *Curriculum: între continuitate și provocare*. Editura Universității "Transilvania", 2010. 341 p. ISBN 978-973-598-730-5.
38. GUȚU, Vladimir. *Curriculum educațional. Cercetare. Dezvoltare. Optimizare*. Chișinău: CEP USM, 2014, 230 p. ISBN 978-9975-71-526-3.
39. ȘCHIOPU, U. (coord.). *Dicționar de psihologie*. București: Babel, 1997. 740 p. ISBN: 973-48-1027-8.
40. CIOLAN, L. *Învățarea integrată. Fundamente pentru un curriculum transdisciplinar*. Iași: Polirom, 2008. 277 p. ISBN: 973-46-1034-1.
41. CALLO, Tatiana. *O pedagogie a integralității. Teorie și practică*. Chișinău: CEP USM, 2007. 171 p. ISBN: 978-9975-70-161-7.

42. POPOVICI BORZEA, A. *Integrarea curriculara și dezvoltarea capacităților cognitive*. Polirom, 2017, 272 p. ISBN: 978-973-4670-123.
43. BURSUC, Oleg. Realizări și perspective în modernizarea procesului de formare inițială a profesorilor de fizică. In: *Didactica Pro...* 2003, Nr. 3(19), pp. 18-20. ISSN: 1810-6455.
44. COZMA, G, PUI, A. *Didactica chimiei - Teorie și aplicații*. Performantica, Iași, 2009, 219 p. ISBN: 978-973-730-603-6.
45. BÎRNAZ, Nina. *Didactica biologiei. Aspecte teoretice și practice: Suport de curs*. Ch.: CEP USM, 2013, 263 p. ISBN: 978-9975-71-466-2.
46. CIASCAI, L. *Didactica fizicii*. București: Corint, 2001, 142 p. ISBN: 978-973-135-043-1.
47. DRAGALINA, G., VELIȘCO, N. *Chimie. Manual pentru clasa a VII-a*. Chișinău: Arc. 2012. 145 p. ISBN: 978-9975-61-690-4.
48. DRAGALINA, G., VELIȘCO N., KUDRIȚCAIA, S., PASECINIC, B. *Chimie. Manual pentru clasa a VIII-a*. Chișinău: Arc. 2013. ISBN: 978-9975-61-736-9.
49. DRAGALINA, G., VELIȘCO, N., KUDRIȚCAIA, S., PASECINIC, B. *Chimie. Manual pentru clasa a IX-a*. Chișinău: Arc. 2016. ISBN: 978-9975-61-998-1.
50. KUDRIȚCAIA, S., VELIȘCO, N. *Chimie. Manual pentru clasa a X-a*. Chișinău: Arc. 2012. ISBN 978-9975-61-683-6.
51. BOTNARU, M., ROMAN, M., MELENTIEV, E. *Chimie organică. Manual pentru clasa a XI-a*. Chișinău: Tipografia „Reclama”. 2013. ISBN: 978-9975-4475-8-4.
52. DRAGALINA, G., VELIȘCO, N., BULMAGA, P., REVENCO, M. *Chimie. Manual pentru clasa a XII-a*. Chișinău: Arc. 2011. ISBN: 978-9975-61-619-5.
53. CUCOȘ, C. *Pedagogie*. Ediția a III-a revăzută și adăugită. Iași: Editura Polirom, 2014. 536 p. ISBN 978-973-46-4041-6.
54. *Chimia: Curriculum pentru cl. a X-a – a XII-a* / Min. Educației al Rep. Moldova. – Ch.: O.E.P. Știința, 2010 (Tipografia „Elena V.I.” SRL). – 64 p. – (Curriculum național). ISBN: 978-9975-67-687-8.
55. **CODREANU, Sergiu**. Rezolvarea problemelor cu caracter interdisciplinar la chimia analitică. In: *Lucrările Conferinței științifico-didactice naționale cu participare internațională, ediția a II-a, consacrată aniversării a 80-a a profesorului universitar Ilie Lupu "Probleme actuale ale didacticii științelor reale"*, 11-12 mai 2018, Vol. II, pag. 54-58. ISBN: 978-9975-76-239-7.
56. GHERȘTEGA, Tatiana. *Managementul curriculumului universitar în contextul autonomiei instituționale*. Monografie. Chișinău: IȘE, 2018, 164 p, p. 26. ISBN: 978-9975-48-139-7.

57. SCHELLER, M. *Formalism in Ethics and Non-Formal Ethics of Values / Trans. M.S. Frings and R. L. Funk*. Evanston: Northwestern University Press, 1973. ISBN: 0-8101-0415-6.
58. GUȚU, Z., DOHOTARU, M. Axiologie – cadru de referință în formarea orientărilor valorice la studenți. In: *Studia Universitatis Moldaviae. Seria "Științe ale educației"*. 2017, Nr. 9 (109), pp. 133-138. ISSN : 1857-2103, ISSN online 2345-1025.
59. CUCOȘ, C. *Pedagogie și axiologie*. București: Editura Didactică și Pedagogică, 1995. 160 p. ISBN: 973-30-4398-2.
60. BĂLICI, V., ACHIRI, I. Valori ale educației umaniste în cadrul disciplinelor exacte. In: *Univers pedagogic*. 2012, Nr. 2, pp.71-77. ISSN: 1811-5470.
61. Enciclopedie de filosofie și științe umane. - București: ALL Educațional, 2007. ISBN: 978-973-684-561-1.
62. CUCOȘ, C. *Teoria și metodologia evaluării*. Iași: Polirom, 2008, 272 p. ISBN: 978-973-46-0936-9.
63. BOTNARI, Valentina. Paradigma holistică – reper metodologic în studierea competenței profesionale. În: *Studia universitatis moldaviae. Științe ale Educației*. 2009, Nr. 9(2), pp. 97-100. ISSN: 1857-2103.
64. PIAGET, I. *Reprezentarea lumii la copil*. Trad. din l. fr. Chișinău, Editura „Cartier”, 2005. ISBN: 978-9975-79-738-2.
65. ВЫГОТСКИЙ, Л. С. *Собрание сочинений в шести томах*. Т. IV, „Детская психология”. Москва, изд-во „Педагогика”, 1984. УДК 159.922.7(470).
66. JOIȚA, E. *Instruirea constructivistă – o alternativă. Fundamente, Strategii*. București, Editura „Aramis Print”, 2006, 318 p. ISBN: (10) 973-679-316-8.
67. BOCOȘ, M.-D. *Instruirea interactivă*. Iași, Editura „Polirom”, 2013, 472 p. ISBN: 978-973-46-3248-0.
68. CRISTEA, Sorin. *Dicționar de pedagogie*. Ch-B. Grupul editorial Litera internațional. 2000, p. 76, 398 p. ISBN: 9975-74-248-3.
69. GUȚU, Vladimir. *Pedagogie*. USM, 2013, 508 p. ISBN: 978-9975-71-450-1.
70. CRISTEA, Sorin. Paradigme în educație/pedagogie. În: *Didactica Pro...* 2014, Nr. 5-6 (87-88), pp. 93-100, ISSN 1810-6455.
71. Cadrul de referință al educației timpurii [cit. 23.12.2019]. Disponibil: http://www.particip.gov.md/public/documente/137/ro_5632_Cadrul-de-referina-al-educaiei-timpurii.pdf.
72. GUȚU, Vladimir. Curriculum universitar din perspectiva continuității și interconexiunii dintre ciclurile învățământului superior. In: *Studia Universitatis Moldaviae. Seria "Științe ale educației"*. 2016, Nr. 5 (95), pp. 3-11. ISSN: 1857-2103.

73. GUȚU, VI., SILISTRARU, N., PLATON, C. *Teoria și metodologia curriculum-ului universitar*. Ch.: CEP USM, 2003, 234 p. ISBN: 0075-70-346-1.
74. LUPU, I., CABAC, V., GÎNCU, S. *Formarea și dezvoltarea competenței de programare orientată pe obiecte la viitorii profesori de informatică*. Chișinău: UST, 2013. 150 p. ISBN: 978-9975-76-100-0.
75. FRANȚUZAN, Ludmila. *Formarea competenței de cunoaștere științifică la liceeni în context inter/transdisciplinar*: autoreferatul tz. de doct. în pedagogie. Chișinău, 2009, 30 p. [citată 15.07.2018]. Disponibil: <http://www.cnaa.md/thesis/14147/>.
76. АДАЕВ, Иван. *Формирование профессиональных компетенций у будущих учителей химии с использованием информационных технологий*: дис. канд. педагогических наук: 13.00.08 - Чебоксары, 2015, 187 с.
77. VASCAN, Teodora. *Formarea competențelor profesionale inițiale la informatică prin corelarea optimă a cursurilor de matematică și informatică*: tz. de doct. în științe pedagogice. Chișinău, 2017, 218 p.
78. [citată 23.12.2019]. Disponibil: <http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&lang=1&id=372759>.
79. [citată 13.12.2019]. Disponibil: https://mecc.gov.md/sites/default/files/sc_6_cncrm_profesor_cu_specializare_la_diverse_discipline_scolare.pdf.
80. [citată 18.03.2020]. Disponibil: https://mecc.gov.md/sites/default/files/ordin_8.pdf.
81. BEJENARI, T., FRUMUSACHI, S., CALMUȚCHI, L., COROPCEANU, E. *Dezvoltarea elementelor de transdisciplinaritate în cadrul predării-învățării chimiei și biologiei*. Chișinău: UST, 2015. ISBN: 978-9975-76-123-9.
82. MILIOS, C., STAMATATOS, T., PERLEPES, S. The coordination chemistry of pyridyl oximes. In: *Polyhedron*. 2006, 25, pp. 134-194. ISSN: 0277-5387.
83. ARDELEAN, A., MÂNDRUȚ, O. *Didactica formării competențelor. Cercetare-dezvoltare-inovare-formare*. "Vasile Goldiș" university Press, Arad, 2012. 205 p. 978-973-664-578-5.
84. CABAC, Valeriu. Centrarea pe student și orientarea pe finalități de studii – piloni ai formării universitare moderne. In: *Formarea universitară în medii digitale: cercetări teoretico-experimentale. Omagiu doctorului habilitat în pedagogie, profesorului universitar Ilie Lupu*, Bălți, 2015, pp. 11-26. ISBN: 978-9975-50-128-6.
85. POLYZOU, C.D., EFTHYMIU, C.G., ESCUER, A., CUNHA-SILVA, L., PAPATRIANTAFYLLOPOULOU, C., PERLEPES, S.P. In search of 3d/4f-metal single-molecule magnets: Nickel(II)/lanthanide(III) coordination clusters. In: *Pure Appl. Chem.* 2013, 85, 2, pp. 315-327. ISSN 0033-4545.

86. KONIDARIS, K. F., KATSOULAKOU, E., KAPLANIS, M., BEKIARI, V., TERZIS, A., RAPTOPOULOU, C.P., MANESSI-ZOUPA, E., PERLEPES, S. P. A tetrahedron in a cube: a dodecanuclear Zn^{II} benzoatecluster from the use of 2-pyridinealdoxime. In: *Dalton Trans.* 2010, 39, pp. 4492-4494. ISSN 1477-9234.
87. MANCIN, F., TECILLA, P., TONELLATO, U. Metallomicelles Made of Ni(II) and Zn(II) Complexes of 2-Pyridinealdoxime-Based Ligands as Catalyst of the Cleavage of Carboxylic Acid Esters. In: *Langmuir*. 2000, 16, 1, pp. 227-233. ISSN 0743-7463.
88. SHIH, T.M., SKOVIRA, J.W., McDONOUGH, J.H. Effects of 4-pyridine aldoxime on nerve agent inhibited acetylcholinesterase activity in guinea pigs. In: *Arch Toxicol*. 2009, 83, 12, pp. 1083–1089. ISSN 0340-5761.
89. HOŁYŃSKA, M., KORABIK, M. Preparation and Properties of a Series of $[Cr_2Ln_2]$ Oximate-Bridged Complexes. In: *Eur. J. Inorg. Chem.* 2013, 31, pp. 5469–5475. ISSN 1434-1948.
90. CROITOR, L., COROPCEANU, E., PETUHOV, O., KRAMER, K., BACA, S., LIU, S.-X., DECURTINS, S., FONARI, M. A one-dimensional coordination polymer based on Cu_3 -oximate metallacrowns bridged by benzene-1,4-dicarboxylate ligands: structure and magnetic properties. In: *Dalton Trans.* 2015, 44, pp. 7896–7902. ISSN 1477-9234.
91. PAPATRIANTAFYLLOPOULOU, C., KOSTAKIS, G.E., RAPTOPOULOU, C.P., TERZIS, A., PERLEPES, S.P., PLAKATOURAS, J.C. Investigation of the $MSO_4 \cdot xH_2O$ ($M = Zn, x = 7$; $M = Cd, x = 8/3$)/methyl 2-pyridyl ketone oxime reaction system: A novel Cd(II) coordination polymer versus mononuclear and dinuclear Zn(II) complexes. In: *Inorg. Chim. Acta*. 2009, 362, pp. 2361-2370. ISSN 0020-1693.
92. KONIDARIS, K.F., POLYZOU, C.D., KOSTAKIS, G.E., TASIPOULOS, A.J., ROUBEAU, O., TEAT, S.J., MANESSI-ZOUPA, E., POWELL, A.K., PERLEPES, S.P. Metal ion-assisted transformations of 2-pyridinealdoxime and hexafluorophosphate. In: *Dalton Trans.* 2012, 41, pp. 2862-2865. ISSN 1477-9234.
93. DERMITZAKI, D.; RAPTOPOULOU, C. P.; PSYCHARIS, V.; ESCUER, A.; PERLEPES, S. P.; STAMATATOS, TH. C. Unexpected metal-ion assisted transformations leading to unexplored bridging ligands in Ni(II) coordination chemistry: The case of PO_3F_2 -group. In: *Dalton Trans.* 2014, 43, pp. 14520-14524. ISSN 1477-9234.
94. STOUMPOS C. C., STAMATATOS TH. C., SARTZI H., ROUBEAU O., TASIPOULOS A. J., NASTOPOULOS V., TEAT S. J., CHRISTOU G., PERLEPES S. P. Employment of methyl 2-pyridyl ketone oxime in manganese non-carboxylate chemistry: $Mn^{II}_2Mn^{IV}$ and $Mn^{II}_2Mn^{III}_6$ complexes. In: *Dalton Trans.* 2009, 6, pp. 1004-1015. ISSN 1477-9234.

95. COROPCEANU, E.B., CROITOR, L., FONARI, M.S. Mononuclear Cd(II) and Zn(II) complexes with 1,2-cyclohexanedionedioxime ligand: preparation and structural characterization. In: *Polyhedron*. 2012, 38, pp. 68-74. ISSN 0277-5387.
96. GOLDCAMP M. J., KRAUSE BAUER J. A., BALDWIN M. J. Structural characterization of a zinc(II) complex of a tris(oxime)amine ligand. In: *Journal of Chemical Crystallography*. 2005, 35, pp. 77-83. ISSN 1074-1542.
97. BURDINSKI D., BILL E., BIRKELBACH F., WIEGHARDT K., CHAUDHURI P. Long-range exchange interactions and integer-spin $S(t)=2$ EPR spectra of a Cr(III)Zn(II)Cr(III) species with multiplet mixing. In: *Inorg Chem*. 2001, 40(6), pp. 1160-1166. ISSN 0020-1669.
98. COROPCEANU, E., CROITOR, L., SIMINEL, A., CHUMAKOV, YU., FONARI, M. The luminescence attenuation in the solid state by fluoride anion entrapped in the one-dimensional Zn(II) dioximate and mononuclear Cd(II) dioxime. In: *Polyhedron*. 2016, 109, pp. 107-114. ISSN 0277-5387.
99. VOLOSHIN, Y.Z., BELOV, A.S., VOLOGZHANINA, A.V., ALEKSANDROV, G.G., DOLGANOV, A.V., NOVIKOV, V.V., VARZATSKII, O.A., BUBNOV, Y.N. 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. ISSN 1477-9234.
100. ВОЛОШИН, Я.З., ВАРЗАТСКИЙ, О.А., БУБНОВ, Ю.Н. Клеточные комплексы переходных металлов в биохимии и медицине. В: *Известия АН. Серия «Химия»*. 2007, №4, с. 555-582. ISSN 0002-3353.
101. COROPCEANU, Eduard. Proprietăți utile ale unor compuși coordinativi în baza liganzilor dioximici. In: *Studia Universitatis Moldaviae. Științe reale și ale naturii*. 2013, Nr.6(66), pp. 183-189. ISSN 1814-3237.
102. ГУЛЯ, А., РУДИК, В., ГЭРБЭЛЭУ, Н. и др. *μ-пероксо-бис[бис(диметил-глиоксимато) аквакобальта(III)] гидрофторидгидрат, проявляющий свойства стимулятора биосинтеза витамина B₁₂ сине-зеленой микроводорослью Spirulina platensis*. Патент СССР №1616111, 1990.
103. RUDIC, V., CEPOI, L., RUDI, L. ș.a. Acțiunea compușilor coordinativi ai cobaltului cu dioximele asupra unor procese biosintetice la alga roșie *Porphyridium cruentum*. In: *Buletinul AȘM. Științele vieții*. 2012, Nr. 1, pp. 144-151. ISSN: 1857-064X.
104. ȘTEFÎRȚĂ, A., BULHAC, I., LISNIC, S. ș. a. *Procedeu de cultivare a sfecelei de zahăr*. Brevet MD nr. 510. Publ. BOPI, 2012, nr. 5.

105. POGOLȘA, L. ACHIRI, I. (coord.). *Repere conceptuale privind elaborarea curriculumului la disciplinele opționale*. Institutul de Științe ale Educației, 2017. ISBN: 978-9975-48-108-3.
106. Modalități de dezvoltare a competențelor cheie în învățământul primar. Cercetare diagnostică cu valoare aplicativă [citată 16.08.2017]. Disponibil: <http://www.icos-edu.ro/download/raport-de-cercetare-ICOS.pdf>.
107. КОРОПЧАНУ, Э.Б., КРОИТОР, Л., ЧИЛОЧИ, А.А., КЛАПКО, С.Ф., ЛАБЛЮК, С.В., **КОДРЕАНУ, С.З.**, ФОНАРЬ, М. С.. Синтез и исследование некоторых 1,2-циклогександион-диоксиминов цинка и кадмия. В: *Координационная химия*, 2017, Т. 43, № 7, с. 399-406. ISSN: 0132-344X.
108. КОРОПЧАНУ, Э.Б., КРОИТОР, Л., ЧИЛОЧИ, А.А., ТЮРИНА, Ж.П., ДВОРНИНА, Е.Г., **КОДРЕАНУ, С.З.**, ФОНАРЬ, М. С.. Синтез и строение моноядерных комплексов цинка с пиридин-2-альдоксимом. В: *Координационная химия*, 2017, Т. 43, № 5, с. 268-274. ISSN: 0132-344X.
109. RASSOLOV, V.A., POPLER, J.A., RATNER, M.A., WINDUS, T.L. 6-31G* basis set for atoms K through. In: *Zn. J. Chem. Phys.* 1998, 109, pp. 1223-1229. [citată 13.04.16]. Disponibil: <https://doi.org/10.1063/1.476673>.
110. GRANOVSKY, A. [citată 13.04.16]. Disponibil: [www http://classic.chem.msu.su/gran/gamess/index.html](http://classic.chem.msu.su/gran/gamess/index.html).
111. SHELDRICK, G.M. SHELX-97. *Program for the refinement of crystal structure*. University of Gottingen. Germany. 1997. [citată 13.04.16]. Disponibil: [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=768629](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=768629).
112. CROITOR, L., COROPCEANU, E., MASUNOV, A., RIVERA-JACQUEZ, H.J., SIMINEL, A., ZELENTOV, V., DATSKO T., FONARI, M. Polymeric Luminescent Zn(II) and Cd(II) Dicarboxylates Decorated by Oxime Ligands: Tuning the Dimensionality and Adsorption Capacity. In: *Crystal Growth & Design*. 2014, 14, pp. 3935-3948. ISSN: 1528-7483.
113. STOUMPOS, C. C., STAMATATOS, Th. C., PSYCHARIS, V., RAPTOPOULOU, C. P., PERLEPES, S. P. A new $Mn^{II}_4Mn^{III}_4$ cluster from the use of methyl 2-pyridyl ketone oxime in manganese carboxylate chemistry: Synthetic, structural and magnetic studies. In: *Polyhedron*. 2008, 27, pp. 3703-3709. ISSN: ISSN 0277-5387.
114. KIRK, O., BORCHER, T.V., FUGLSANG, C.C.. Industrial enzyme applications // Current Opinion in Biotechnology. In: *Journal of Biotechnology: X*. 2002, V. 13. p. 345-351. ISSN: 2590-1559.

115. КУБРАК, О. И., ЛУЩАК, В. И.. Микробные амилазы, характеристика, свойства и практические использование. В: *Микробиологический журнал*. 2007, Т. 69, № 6, с. 56-76. ISSN 1028-0987.
116. DESEATNIC, Alexandra. Morfologia, fiziologia și activitatea biosintetică a unor micromicete producătoare de hidrolaze extracelulare. In: *Bul. AȘM. Științele vieții*. 2005, Nr. 1, pp. 123-132. ISSN: 1857-064X.
117. GAVRILESCU, M., CHISTI, Y. Biotechnology – a sustainable alternative for chemical industry. In: *Biotechnology Advances* [online]. 2005, V. 23, pp. 471–499. [citat 31.05.2020]. Disponibil: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2005.03.004>
118. COROPCEANU, E., DESEATNIC, A., RIJA, A. et al. The synthesis and the study of the biological activity of some cobalt(III) dioximates with fluorine. In: *Chem. J. Mold.* 2008, 3, 2, pp. 70-80. ISSN: 1857-1727.
119. ДЕСЯТНИК, А. А., ГЭРБЭЛЭУ, Н. В., КОРОПЧАНУ, Э. Б., ТЮРИНА, Ж. П., ЛАБЛЮК, С. В., БОЛОГА, О. А., КЛАПКО, С. И. Использование диметилглиоксиматов Co(III) при биосинтезе пектиназ *Rhizopus arrhizus*. В: *Коорд. химия*. 2002, Т. 28, №2, с. 144-145. ISSN: 0132-344X.
120. COROPCEANU, E., BOLOGA, O., DESEATNIC, A., TIURIN, J., ȘÎRBU, T., GĂRBĂLĂU, N.. Cobalt(III) dioximate fluorine containing compounds as stabilizers of biosynthesis processes. In: *Bul. Instit. Politehnic din Iași*. 2003, Т. XLIX (LIII), Fasc. 5, pp. 293-298. ISSN: 1223-8139.
121. БОУРОШ, П. Н., КОРОПЧАНУ, Э. Б., ДЕСЯТНИК, А. А. и др. Супрамолекулярная организация структуры кристаллов соединения $[\text{Co}(\text{DH})_2(\text{PP})_2][\text{BF}_4]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и его биологические свойства. В: *Коорд. химия*. 2009, Т. 35, № 10, с. 761-767. ISSN: 0132-344X.
122. БОУРОШ, П. Н., КОРОПЧАНУ, Э. Б., ЧИЛОЧИ, А. А. и др. Новые диоксиматы Co(III) с гексафторфосфат-ионом – стимуляторы протеолитической активности микромицета *Fusarium gibbosum* CNMN FD 12. В: *Коорд. химия*. 2013, Т. 39, N 11, с. 669-678. ISSN: 0132-344X.
123. DESEATNIC, A., STRATAN, M., COROPCEANU, E. et al. *Mediu nutritiv pentru cultivarea tulpinii de fungi Aspergillus niger 33-19 CNMN FD 02A*. Patent MD Nr. 3943. 2009.
124. DESEATNIC-CILOCI, A., COROPCEANU, E., CLAPCO, S. et al. Influența compușilor coordinativi ai Co(III), Cu(II) și Zn(II) cu liganzi oximici asupra biosintezei hidrolazelor

- exocelulare la fungii miceliali. In: *Studia universitatis moldaviae*. 2014, N. 6(76), pp. 57-70. ISSN: 1857-2103.
125. DESEATNIC, A., CONDRUC, V., BOLOGA, O., et. al. *Mediu nutritiv pentru cultivarea tulpinii de fungi Aspergillus niger 33 CNMN FD 06a*. Patent MD 2836. BOPI. Nr.8. 2005.
 126. ГРАЧЕВА, И.М., ГРАЧЕВ, Ю.П., МОСИЧЕВ, М.С. и др. *Лабораторный практикум по технологии ферментных препаратов*. Москва: Легкая и пищевая промышленность. 1982. 239 с. УДК 663.5J.002(076).
 127. BIVOL, Cezara. Studiul influenței unor compuși coordinativi ai Zn(II), Cr(III) și Fe(III) asupra productivității și conținutului unor substanțe bioactive ale *Dunaliellei* la cultivare pe mediul organo-mineral elaborat în baza lichidului cultural al *Spirulinei*. In: *Studia Universitatis, seria „Științe ale Naturii”*. 2009, 6(26), pp. 174-179. ISSN 1814-3237.
 128. ДЕСЯТНИК, А.А., ГЭРБЭЛЭУ, Н.В., КОРОПЧАНУ, Э.Б., ТЮРИНА, Ж.П., ЛАБЛЮК, С.В., БОЛОГА, О.А., КЛАПКО, С.И. Использование диметилглиоксиматов Co(III) при биосинтезе пектиназ *Rhizopus arrhizus*. В: *Коорд. химия*. 2002, Т.28, №2, с. 144-145. ISSN 0132-344X.
 129. FRAUSTO da SILVA, J.J.R., WILLIAMS, R.J.P. *The Biological Chemistry of the Elements: The Inorganic Chemistry of Life*. Oxford University Press. 2001. 650 p. ISBN 0-19-855598-9.
 130. **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, (5)1, pp. 95-109. ISSN: 2392-9683.
 131. **CODREANU, S.**, ARSENE, I., COROPCEANU, E. Theoretical study of some phenomena and processes in the course of organic chemistry. *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis: Studia ad Didacticam Biologiae Pertinentia*. 2018, 8, pp. 151-159. ISSN: 2083-7267.
 132. ARSENE, I., **CODREANU, S.**, COROPCEANU, E. Utilizarea studiului profilului energetic în prognozarea desfășurării reacțiilor de condensare al unor molecule organice. In: *Materialele Conferinței științifice internațional "Curriculumul școlar: provocări și oportunități de dezvoltare"*. Chișinău, Moldova, IȘE, 7-8 decembrie 2018, pp. 50-55. ISBN: 978-9975-48.
 133. **CODREANU, S.**, ARSENE, I., COROPCEANU, E. Studiul energiei procesului de substituție a unor liganzi din compuși coordinativi. In: *Materialele conferinței științifice naționale cu participare internațională. Învățământ superior: tradiții, valori, perspective*, 28-29 septembrie 2018, Vol. I, Științe exacte și ale naturii și Didactica Științelor Exacte și ale Naturii, pp. 204-209. ISBN: 978-9975-76-252-6.

134. SCUTELNIC, Oxana. *Diferențierea instruirii studenților în procesul studierii cursului universitar de informatică*: autoreferatul tz. de doct. în pedagogie. Chișinău, 2013, 35 p.
135. VOVNENCIUC, Olga. *Dezvoltarea deprinderilor de lucru independent al studenților prin mijloacele învățământului electronic mixt (prezențial-distanță)*: autoreferatul tz. de doct. în pedagogie. Chișinău, 2013, 26 p.
136. BLEANDURĂ, Nicoleta. *Sistemul de situații didactice ca element de bază al formării competențelor profesorului de informatică*: autoreferatul tz. de doct. în pedagogie. Chișinău, 2019, 30 p.
137. LUPU, I., CABAC, Gh. *Individualizarea formării universitare prin trasee individuale de învățare*. Chișinău, 2017, p. 172. ISBN 978-973-46-1815-6.
138. **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. ISSN: 1857-0623.
139. **CODREANU, S., ARSENE, I., COROPCEANU, E.** Using calculation programs for determining the energy state of isomers. In: *Lucrările CAIM 2018, The 26th Conference on Applied and Industrial Mathematics*, Chișinău, Moldova, September 20-23, 2018, pp. 134-138. ISBN: 978-9975-76-247-2.
140. **CODREANU, S., ARSENE, I., COROPCEANU, E.** Posibilități de utilizare a calculelor cuantice pentru studiul teoretic al profilului energetic a unor reacții radicalice în cursul de chimie. In: *Materialele Conferinței republicane a cadrelor didactice*, Chișinău, UST, Republica Moldova, 10-11 martie 2018, Vol. II, pp. 85-91. ISBN: 978-9975-76-230-4.
141. **CODREANU, S., ARSENE, I., COROPCEANU, E.** Utilizarea unor modalități moderne de calcule cuanto-chimice a stării energiei sistemelor moleculare în cursul de chimie. In: *Acta et commentationes. Științe ale educației*. 2017, Nr. 1(10), pp. 147-156. ISSN 1857-0623.
142. CLEETON, C. E., WILLIAMS, N. H. Electromagnetic Waves of 1.1 cm (0 in). Wave-Length and the Absorption Spectrum of Ammonia. In: *Physical Review*. 1934, 45(4), p. 234. [citată 15.05.17]. Disponibil : <https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRev.45.234>.
143. Wikipedia [citată 16.05.17]. Disponibil: https://ro.wikipedia.org/wiki/Acid_azotic.
144. DUNNING, T. H., WINTER, N.W. Theoretical determination of the barriers to internal rotation in hydrogen peroxide. In: *J. Chem. Phys.*, 1975, 63, p. 1847-1855. [citată 17.05.17]. Disponibil: <https://www.google.com/search?q=DUNNING%2C+T.+H.%2C+WINTER%2C+N.W.+Theoretical+determination+of+the+barriers+to+internal+rotation+in+hydrogen+peroxide.+In%3A+J.+Chem.+Phy.>
145. Acidul formic [citată 16.05.17]. Disponibil: [carboxylic acids intranet.tdmu.edu.ua](http://carboxylicacids.intranet.tdmu.edu.ua).

146. Etanul [citat 17.05.17]. Disponibil: <http://pedrosecadiz.blogspot.md/2015/05/estructuras-moleculares.html>.
147. КОРОПЧАНУ, Э.Б., БОЛОГА, О.А., АРСЕНЕ, И., ВИТИУ, А., БУЛХАК, И. И., ГОРИНЧОЙ, Н., БОУРОШ, П.Н. Синтез и исследование продуктов внутрисферного замещения в азид-содержащих диоксиматах Co(III). В: *Коорд. химия*, 2016, Т. 42, Nr. 8, с. 480-502. ISSN: 0132-344X.
148. ARSENE, Ion. *Particularitățile cuanto-chimice ale reacțiilor intermediare în procesul catalitic de descompunere a peroxidului de hidrogen cu participarea compușilor metalelor de tranziție*: tz. de doct. în științe chimice. Chișinău, 2017. 135 p.
149. **CODREANU, Sergiu**. Formarea competenței profesionale inițiale la studenții chimiști prin cercetare ecologică. In: *Acta et commentationes. Științe ale educației*. 2018, Nr. 3(14), pp. 69-77, ISSN: 1857-0623.
150. Andre de PERETTI. *Educația în schimbare*. Ed. „Spiru Haret”, 1996, 182 p., ISBN 973-97578-1-2.
151. MINDER, Michael. *Didactica funcțională: obiective, strategii, evaluare*. Chișinău: Editura Cartier educațional, 2003, 360 p. ISBN: 9975-79-39-16.
152. JOIȚĂ, E. *Educația cognitivă. Fundamente. Metodologie*. Polirom, Iași, 2002, 248 p. ISBN: 973-681-100-X
153. POGOLȘA, Lilia. (coord.). *Metodologia de optimizare a curriculumului școlar*. Monografie. IȘE, 2015, p. 18. ISBN: 978-9975-48-098-7.
154. CODREANU, T., **CODREANU, S.** Dezvoltarea competenței de cercetare a elevilor la lecțiile de chimie, ciclul gimnazial. In: *Materialele Conferinței republicane a cadrelor didactice, Chișinău*, UST, Republica Moldova, 28-29 februarie 2020, Vol. II, pag. 190-196. ISBN 978-9975-76-230-4.
155. ROEGIERS, X. Manual școlar și formarea competențelor în învățământ. In: *Didactica Pro*, nr. 2 (6). Chișinău, 2001, p. 29-38. ISSN 1810-6455.
156. JINGA, I. *Conducerea învățământului. Manual de management instrucțional*. București: Editura Didactică și Pedagogică, 1993, 191 p. ISBN: 973-30-2356-6.
157. LABĂR, A.V. *SPSS pentru științele educației: metodologia analizei datelor în cercetarea pedagogică*. Iași: Polirom, 2008. 347 p. ISBN 978-073-46-1148-5.
158. **CODREANU, Sergiu**. Rolul interdisciplinarității în formarea profesională inițială a studentului chimist. In: *Acta et commentationes. Științe ale educației. Revistă științifică*, Nr. 1(12), 2018, p. 183-192. ISSN 1857-0623, Tip C.

159. **CODREANU, S., CHIȘCA, D., COROPCEANU, E..** *GHID de utilizare a senzorilor în procesul de instruire la chimie*. Chișinău: S. n., 2018 (Tipogr. UST), 88 p.: il. color. ISBN: 978-9975-76-256-4.
160. **CODREANU, S., CROITOR, L., CILOCI, A.A., COROPCEANU, E.B., BIVOL, C. M., CLAPCO, S.T., LABLIUC, S.V., FONARI, M.S.** Preparation, structural characterization and biologic activity of Zn(II) and Cd(II) mononuclear complexes with pyridine-2-aldoxime and 1,2-cyclohexanedionedioxim ligands. *Abstract. The 6th International Conference Ecological & environmental chemistry*. March 2-3, 2017, Academy of Sciences of Moldova 1 Stefan cel Mare Blvd., MD-2001, Chisinau: Pontos, 2017 (Tipogr. "Europres"), pag. 155. ISBN: 978-9975-51-810-9.
161. **CODREANU, S., ARSENE, I., COROPCEANU, E.** Abordări interdisciplinare a unor subiecte la chimie în baza modelărilor computaționale. In: *Lucrările Conferinței Științifico-practice naționale cu participare internațională „Reconceptualizarea formării inițiale și continue a cadrelor didactice din perspectiva interconexiunii învățământului modern general și universitar”*. Chișinău, UST, Republica Moldova, 27-28 octombrie 2017, Vol. II, pag. 235-240. ISBN 978-9975-76-215-1.
162. **CODREANU, S., ARSENE, I., COROPCEANU, E..** Active interdisciplinary research training context for developing innovative competence in chemistry. *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis Studia ad Didacticam Biologiae Pertinentia* 8 (2018), Polonia, p. 102-112. ISSN 2083–7267.
163. **CODREANU, Sergiu.** Competența ca finalitate a învățării. In: *Acta et commentationes. Științe ale educației. Revistă științifică*. Nr. 2(9), 2016, UST, Chișinău, p. 58-64. ISSN 1857-0623.

ANEXE

Anexa 1

MINISTERUL EDUCATIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

Universitatea de Stat din Tiraspol

Aprobat

la ședința catedrei Chimie

a Universității de Stat din Tiraspol

„____” mai 2019

CURRICULUM INTERDISCIPLINAR LA CHIMIE

Chimia pentru viață – cercetări integrate

Specialitatea Chimie, Chimie și biologie, Biologie și chimie

**AUTORI: Eduard Coropceanu, dr., prof.
univ.,**

Ion Arsene, dr., conf. univ.,

Alic Barba, dr., conf. univ.,

Sergiu Codreanu, lect. univ.

CHIȘINĂU, 2019

I. PRELIMINARII

Chimia, fiind un domeniu de intersecție a Științelor Naturii și a Științelor Exacte, se bazează pe o abordare interdisciplinară, axată pe utilizarea metodelor fizico-chimice, bio-chimice, matematice și informatice. Necesitatea societății în materiale noi, superioare față de analogii existenți, precum și a tehnologiilor ergonomice impune obligativitatea dezvoltării competențelor specifice chimiei de la primele etape de instruire în domeniu.

Contextul socio-economic actual, influențat de evoluția rapidă a cercetărilor științifice și acumularea în progresie geometrică a cunoștințelor, explozia tehnologiilor informaționale, condiționează revizuirea metodologiei didactice cu scopul corelării obiectivelor procesului educațional la necesitățile pieții muncii din viitor. Unul dintre obiectivele majore este dezvoltarea competenței de cercetare, care ar cultiva la educabili calitatea de instruire conștientă, autodidactă, bazată pe aplicarea utilă a cunoștințelor. Abordarea interdisciplinară permite integrarea cunoștințelor chimice cu cele din domeniile conexe pentru a spori productivitatea ideilor elaborate.

Cursul opțional **Chimia pentru viață – cercetări integrate** prezintă un proiect educațional de cercetare cu scopul studiului particularităților formării competenței de cercetare în context interdisciplinar. Cursul este bazat pe implementarea noilor tehnologii, la baza cărora este cercetarea integrată și constă din 4 module: Obținerea compușilor cu proprietăți utile; Metode instrumentale de analiză a compoziției și structurii; Metode de modelare a compoziției și structurii; Auditul ecologic și modalități de determinare a calității factorilor de mediu (utilizarea senzorilor). Scopul de bază al cursului este pregătirea cadrelor didactice în domeniul chimiei competenți în domeniul realizării unor cercetări interdisciplinare.

II. CONCEPȚIA DIDACTICĂ A DISCIPLINEI OPȚIONALE

Disciplina opțională **Chimia pentru viață – cercetări integrate** este un document util pentru cadrele didactice care vor preda disciplini similare, are o structură bazată pe o concepție evolutivă în cadrul celor 4 module în onsecutivitatea: sinteza compușilor cu proprietăți utile pentru agricultură și industrie → studiul compoziției noilor compuși, a structurii moleculare, precum și a proprietăților chimice, fizice, biologice etc. → modelarea la calculator a moleculelor și proceselor chimice pentru a prognoza probabilitatea decurgerii unor procese → analiza calității factorilor mediului ambiant pentru a monitoriza impactul unor compuși chimici. Astfel, concepția disciplinei opționale se bazează pe ideea dezvoltării logice de la obținerea și studiul compușilor chimici până la protecția mediului de poluanți. În activitatea de formare a competențelor, profesorul își va focaliza atenția asupra valorii acestora, reprezentate printr-un ansamblu integrat de cunoștințe, capacități, deprinderi și atitudini dobândite de studenți prin învățare și mobilizate în context specifice, în vederea rezolvării unor probleme cu care se pot confrunta în viața reală. Disciplina opțională **Chimia pentru viață – cercetări integrate** are un conținut inovator, deoarece propune introducerea unui obiect de studiu în afara celor prevăzute în curriculum, inclusiv noi competențe specifice; poartă un caracter integrator, crosscurricular: o nouă disciplină de studiu, structură în jurul unei teme integratoare abordată prin mai multe arii curriculare.

Cadrele didactice formate în cadrul cursului au misiunea de a disemina competențele dezvoltate și a le utiliza în cadrul sistemului de instruire preuniversitar pentru a pregăti viitorii studenți să realizeze cercetări cu caracter interdisciplinar.

III. COMPETENȚE

Competențe dezvoltate în cadrul disciplinei:

- Competența de investigare – reprezintă aplicarea metodologiei de investigație științifică din domeniul chimiei în diverse contexte profesionale.
- Competența de comunicare – presupune luarea de decizii adecvate, în scopul realizării obiectivelor stabilite și obținerii de rezultate eficiente.
- Competența digitală – presupune cunoașterea și utilizarea eficientă a tehnologiilor informaționale generale cât și specifice chimiei în activitatea profesională.
- Competența de educație ecologică – vizează structurarea unei culturi de protecție a mediului prin comportamente responsabile și decizii adecvate cu referire la starea mediului.
- Competența de formare profesională continuă – presupune o bună cunoaștere de sine pentru a identifica propriile necesități de formare profesională și ași dezvolta continuu competența profesională.

IV. OBIECTIVE CROSS-CURRICULARE ȘI GENERALE

Abordarea cross-curriculară este o abordare holistică și constructivistă a procesului curricular, care urmărește, prin stabilirea unor grade diferite de integrare la nivelul obiectivelor, conținuturilor, metodologiei, conceptelor etc., atingerea unor rezultate pentru care este nevoie de o organizare tematică/integrată a curriculumului.

Din perspectiva abordării cross-curriculare, fazele/etapele procesului curricular sunt: proiectare, dezvoltare, implementare, evaluare, revizuire.

▪ *Cunoaștere și înțelegere*

- Însușirea aprofundată a noțiunilor și legilor fundamentale ale chimiei anorganice, organice și ecologice.
- Conștientizarea rolului diferitor factori fizico-chimici asupra modului de decurgere a reacției de sinteză și influența lor asupra produselor de reacție.
- Demonstrarea posedării metodelor instrumentale de descriere a compoziției și structurii compușilor chimici.
- Argumentarea folosirii calculelor cuantice și a modelării chimice în descifrarea structurii compușilor chimici, fenomenelor și proceselor.
- Stabilirea unui algoritm de estimare a gradului de poluare și propunerea măsurilor de prevenire și protecție.

▪ *Aplicare*

- Aplicarea diferitor metode de sinteză a unor compuși coordinativi în baza cunoștințelor teoretice acumulate.
- Utilizarea diferitor mecanisme, procedee de sinteză.
- Operarea cu diferite metode instrumentale de determinare a compoziției și structurii compușilor chimici.
- Folosirea metodelor digitale de modelare a structurii compușilor obținuți, a fenomenelor și proceselor chimice ce decurg în sistemele analizate.
- Aplicarea senzorilor în determinarea unor parametri ai factorilor de mediu.

▪ *Integrare*

- Elaborarea și utilizarea diferitor mecanisme, procedee de sinteză a compușilor coordinativi cu proprietăți utile.
- Utilizarea diferitor metode fizice și fizico-chimice de determinare a compoziției și structurii compușilor obținuți.

- Testarea proprietăților biologice a compușilor noi obținuți (stimulatori de creștere, captatori de gaze, proprietăți luminescente).
- Aplicarea calculelor cuantice în modelarea structurii compușilor, fenomenelor, proceselor.

V. CONȚINUTURI ȘI STRATEGII DIDACTICE (20/28/42 – 90 ore, 3 credite)

Modulul 1. Obținerea compușilor cu proprietăți utile

Obiective de referință	Unități de conținut	Forme de organizare			Strategii și activități didactice dominante	Evaluare
		Curs	Labor.	Lucrul individ.		
<i>La finalul modulului studenții vor fi capabili să:</i> - elaboreze propuneri pentru sinteza unor compuși coordinativi; - demonstreze capacitatea de aplicare corectă a procedeele de sinteză a compușilor coordinativi; - explice importanța aplicării unor compuși coordinativi cu metale biogene în stimularea unor procese fiziologice la diverse organisme; - prezică și să propună utilizarea unor compuși obținuți în unele sfere ale industriei.	Sinteza compușilor coordinativi ai zincului cu proprietăți utile.	2	4	4	Prelegere, Dezbatere, Discuție, Problematizare, Elaborarea unui proiect de cercetare, Experimentul, Observarea, Cercetarea	Sarcini de tipul 1, 2, 3, 4
	Compuși complecși ai cobaltului pentru stimularea proceselor fiziologice la diverse organisme.	2	2	4		Sarcini de tipul 1, 3, 4, 5
	Compuși coordinativi cu proprietăți utile în industrie.	2	2	4		Sarcini de tipul 3, 4, 5, 6
	Total	6	8	12		

Activități de evaluare:

1. Descrieți cu exemple metodele de sinteză utilizate la obținerea compușilor coordinativi ai metalelor tranziționale cu liganzi organici ce conțin grupe funcționale piridinice, carboxilice și oximice.
2. Apreciați contribuția școlii coordinative de la Chișinău în dezvoltarea domeniului la nivel mondial.
3. Expuneți algoritmul de identificare a compoziției și structurii compușilor coordinativi în baza metodelor fizice contemporane.
4. Elaborați schema de sinteză a unei serii noi de compuși coordinativi în baza liganzilor organici cunoscuți.

- Analizați capacitatea selectivă de coordonare a grupelor funcționale în dependență de natura atomului donor de electroni.
- Descrieți domeniile potențial utile de aplicare a compușilor coordinativi ai metalelor tranziționale.

Modulul 2. Metode instrumentale de analiză a compoziției și structurii compușilor

Obiective de referință	Unități de conținut	Forme de organizare			Strategii și activități didactice dominante	Evaluare
		Curs	Labor.	Lucrul individ.		
<i>La finalul modulului studenții vor fi capabili să:</i> - explice fundamentele teoretice ale metodelor fizice de determinare a compoziției și structurii compușilor coordinativi sintetizați; - utilizeze cu succes diferite metode instrumentale de determinare a compoziției și structurii compușilor coordinativi sintetizați; - posede abilități de descifrare a spectrelor în IR, RMN, UV-Vis, MS, analiza cu raze X.	Analiza elementală. Metode spectrale de analiză (IR, UV-Vis, MS).	2	2	4	Prelegere, Dezbateri, Discuție, Observarea, Problematizare, Experimentul.	Sarcini de tipul 1, 2, 3, 4.
	Determinarea compoziției și structurii compușilor în baza rezonanței magnetice nucleare.	2	2	4		Sarcini de tipul 4, 5, 6.
	Analiza cu raze X pe monocristal a compușilor chimici.	2	2	4		Sarcini de tipul 7, 8.
	Total	6	6	12		

Activități de evaluare:

- De ce moleculele H_2 , O_2 , N_2 nu se pot analiza prin spectrometrie de absorbție IR?
- Indicați formula corespunzătoare a substanței din trei variante propuse în baza spectrului (UV sau IR) alăturat.
- Pornind de la spectrul de masă prezentat mai jos determinați formula brută și formula de structură posibilă a compusului analizat.
- Ce este deplasarea chimică, în ce unități se măsoară?
- Explică cum influențează densitatea electronică pe nucleu valoarea deplasării chimice.
- În baza datelor spectrale 1H , ^{13}C , DEPT, HSQC, HMBC folosind programul (RMN) TOPSPIN deduceți structura substanțelor propuse.
- Descrieți poliedrul de coordonare a unui compus coordinativ.
- Explicați metodologia de lucru al difractometrului cu raze X.

Modulul 3. Metode de modelare a compoziției și structurii compușilor

Obiective de referință	Unități de conținut	Forme de organizare			Strategii și activități didactice dominante	Evaluare
		Curs	Labor.	Lucrul individ.		
<i>La finalul modulului studenții vor fi capabili să:</i> - posede capacitatea de utilizare a programelor de calcul pentru modelarea unor sisteme moleculare din chimia anorganică; - aplice calcule cuantice în modelarea unor sisteme moleculare din chimia organică; - demonstreze abilitatea modelării unor fenomene chimice; - dezvolte capacitatea de a modela unele procese chimice ce decurg în sistemele moleculare.	Modelare moleculară în chimia anorganică.	1	1	2	Programare, Dezbateri, Discuție, Problematizare, Modelare, Stabilitatea și instabilitatea compușilor chimici, Studiarea unui mecanism de reacție, Observarea, Cercetarea	Sarcini de tipul 1, 2, 3, 8
	Modelare moleculară în chimia organică.	1	1	2		Sarcini de tipul 1, 3, 8
	Modelarea unor fenomene chimice (izomerie).	1	2	3		Sarcini de tipul 1, 4, 5, 8
	Modelarea unor procese chimice (substituție).	1	2	3		Sarcini de tipul 1, 6, 7, 8
	Total	4	6	10		

Activități de evaluare:

1. Descrieți metodele și programele de calcul folosite la modelarea compușilor organici și anorganici, cât și a mecanismelor teoretice ale reacțiilor și fenomenelor chimice.
2. Argumentați rolul modelării chimice în perspectiva dezvoltării chimiei teoretice la nivel național și internațional.
3. Explicați algoritmul de calcul al unor sisteme moleculare din chimia anorganică și organică.
4. Elaborați metodologia studiului teoretic a modelării unor fenomene chimice.
5. Demonstrați prin calcule teoretice stabilitatea și instabilitatea energetică a unor izomeri.
6. Descrieți din punct de vedere cuanto-chimic mecanismele unor reacții chimice.
7. Determinați direcția decurgerii unei reacții chimice în baza profilului energetic calculat.
8. Expuneți unele domenii de aplicare a modelării chimice.

Modulul 4. Auditul ecologic și modalități de determinare a calității factorilor de mediu (utilizarea senzorilor)

Obiective de referință	Unități de conținut	Forme de organizare			Strategii și activități didactice dominante	Evaluare
		Curs	Labor.	Lucrul individ.		
<i>La finalul modulului studenții vor fi capabili să:</i> - utilizeze unele aplicații digitale (senzori) în determinarea cantității ionilor în soluție; - explice diferența dintre electroliți slabi și tari în rezultatul analizei; - argumenteze fenomenul electroconductibilității; - distingă diferența dintre reacțiile endotermice și exotermice; - utilizeze și să propună algoritmi de determinare a unor ioni din soluție prin metoda fotocolorimetrică.	Determinarea ionilor în soluție. Electroliți slabi și tari. Conductivitate.	1	2	3	Prelegere, Dezbateri, Discuție, Problematizare, Elaborarea unui proiect de cercetare, Experimentul, Observarea, Cercetarea	Sarcini de tipul 1, 2
	Reacții endo- și exotermice.	1	2	2		Sarcini de tipul 3, 4
	Analiza fotocolorimetrică.	2	4	3		Sarcini de tipul 5, 6, 7, 8
	Total	4	8	8		

Activități de evaluare:

1. Cum poate fi explicată diferența dintre conductivitatea diferitor soluții? De ex. soluția clorură de sodiu și clorură de calciu?
2. Cum poate fi folosit acest senzorul de conductivitate pentru a determina concentrația unei soluții de sare?
3. Explicați cum se modifică entalpia (H) unei reacții chimice.
4. Prezentați trei utilizări ale reacțiilor endotermice și/sau exotermice.
5. Explicați de ce rezultatele măsurărilor asupra soluției cu colorantul verde și albastru diferă.
6. Cum ar afecta rezultatele în cazul fotocolorimetrării dacă lichidele ar fi mai diluate? Explicați.
7. Care este cea mai bună culoare a undelor (a colorimetrului) pentru a determina concentrația culorii alimentelor roșii, verzi și albastre?
8. Cum credeți, care lungimi de undă (în ceea ce privește culorile) utilizează clorofilele în fotosinteză?

Bibliografie:

1. Coropceanu E., Ciloci A., Ștefîrță A., Bulhac I. Study of useful properties of some coordination compounds containing oxime ligands. 2019. 266 p.
2. Rudic V. Aspecte noi ale biotehnologiei moderne. Chișinău: Știința. 1993. 140 p.
3. Grecu I., Neamțu M., Enescu L. Implicații biologice și medicale ale chimiei anorganice. Iași. 1982. 300 p.
4. Крисс Е.Е., Волченкова И.И., Григорьева А.С. Координационные соединения металлов в медицине. Киев: Наукова Думка. 1986. 216 с.
5. Melentiev E., Lozovan V., Coropceanu E. Chimie coordinativă. Lucrări practice (Exerciții și probleme). Lucrări de laborator (Obținerea compușilor coordinativi. Studiu calitativ și cantitativ). Chișinău: UST. 2018. 119 p.
6. Coropceanu E. Proprietăți utile ale unor compuși coordinativi în baza liganzilor dioximici. Studia Universitatis Moldaviae. Științe reale și ale naturii. 2013. N6(66). P. 183-189.
7. Bulhac I., Ștefîrță A., Coropceanu E. Compuși coordinativi și compoziții cu proprietăți utile pentru biotehnologii agricole. Studia universitatis moldaviae. Științe reale și ale naturii. 2015. N1(81). P. 193-209.
8. Ștefîrță A., Botnari V., Brânză L., Bulhac I., Coropceanu E., Bourosh P., Chilinciuc A. Possibilities of increasing the antioxidant properties of garling plants (*Allium sativum* L.). Acta Chemica Iasi. 2017. 25. 2. P. 208-231.
9. Andrei Florin Dăneț. Analiza Instrumentală. București 2010.
10. Aliona COTOVAIA, Viorica GLADCHI. Aplicarea metodelor spectrale în analiza compușilor chimici. Problemar. USM. Chișinău, 2017
11. Lorentz JĂNTSCHI, Horea Iustin NAȘCU. Chimie Analitică și Instrumentală. Academic Pres & AcademicDirect, 2009
12. И. В. Ельцов, А. А. Нефедов. Физические методы установления строения. Программа лекционного курса, семинаров и самостоятельной работы студентов. Новосибирск 2014
13. Э. Дероум. Современные методы ЯМР для химических исследований: Пер. с англ. - М.: Мир, 1992
14. Atta-ur-Rahman, Muhammad Choudhary. Solving Problems with NMR Spectroscopy. Academic Press. 1996.
15. Jensen F. Introduction to Computational Chemistry. Department of Chemistry, University of Southern Denmark, Odense, Denmark, 2007.
16. Chiriac A., Ciubotariu D., Simon Z. Relații cantitative structură chimică – Activitate biologică (QSAR). Timișoara: Ed. Mirton. 1996.
17. Amzoiu E. și Lepădatu C. Modelare Chimică și Proiectarea Medicamentului. Craiova: Ed. Sitech. 2005.
18. Aspitskaia A.F. et al. Ispolizovanie informacionno-komunikatsionnyh tehnologii pri obuchenii himii. Moscova: Binom. 2009.
19. Bunin B. et al. Chemoinformatics: Theory, Practice & Products. London: Springer. 2007.
20. Leach A. et al. An Introduction to Chemoinformatics. New York: Springer. 2007.
21. <http://hydra.vcp.monash.edu.au/modules/mod4/glossq.html>.
22. Codreanu S., Chișca D., Coropceanu E. Ghid pentru utilizarea sensorilor în procesul de instruire la chimie. Chișinău: UST. 2018. 88 p.

Articole în baza propriilor cercetări:

1. Коропчану Э.Б., Кроитор Л., Чилочи А.А., Тюрина Ж.П., Дворнина Е.Г., Кодреану С.З., Фонарь М.С. Синтез и строение моноядерных комплексов цинка с пиридин-2-альдоксимом // Коорд. химия. 2017. Т. 43. N 5. С. 268-264.

2. Коропчану Э.Б., Кроитор Л., Чилочи А.А., Клапко С.Ф., Лаблюк С.В., Кодреану С.З., Фонарь М.С. Синтез и исследование некоторых 1,2-циклогександиондиоксиминов цинка и кадмия // Коорд. химия. 2017. Т. 43. N 7. С. 399-406.
3. Codreanu, S., Arsene, I., Coropceanu, E. Utilizarea unor modalități moderne de calcule cuantochimice a stării energiei sistemelor moleculare în cursul de chimie. În: *Acta et commentationes. Științe ale educației. Revistă științifică*, Nr. 1(10), 2017, p. 147-156.
4. Codreanu, S., Arsene, I., Coropceanu, E. Abordări interdisciplinare a unor subiecte la chimie în baza modelărilor computaționale. În: *Lucrările Conferinței Științifico-practice naționale cu participare internațională „Reconceptualizarea formării inițiale și continue a cadrelor didactice din perspectiva interconexiunii învățământului modern general și universitar”*. Chișinău, UST, Republica Moldova, 27-28 octombrie 2017, Vol. II, pag. 235-240.
5. Codreanu, S. Rolul interdisciplinarității în formarea profesională inițială a studentului chimist. În: *Acta et commentationes. Științe ale educației. Revistă științifică*, Nr. 1(12), 2018, p. 183-192.
6. Codreanu, S., Arsene, I., Coropceanu, E. Posibilități de utilizare a calculelor cuantice pentru studiul teoretic al profilului energetic a unor reacții radicalice în cursul de chimie. În: *Materialele Conferinței republicane a cadrelor didactice*, Chișinău, UST, Republica Moldova, 10-11 martie 2018, Vol. II, pag. 85-91.
7. Codreanu, S., Arsene, I., Coropceanu, E. Studiul energeticii procesului de substituție a unor liganzi din compuși coordinativi. În: *Materialele conferinței științifice naționale cu participare internațională. Învățământ superior: tradiții, valori, perspective*, 28-29 septembrie 2018, Vol. I, Științe exacte și ale naturii și Didactica Științelor Exacte și ale Naturii, p. 204-209.
8. Codreanu, S., Arsene, I., Coropceanu, E. Using calculation programs for determining the energy state of isomers. În: *Lucrările CAIM 2018, The 26th Conference on Applied and Industrial Mathematics*, Chișinău, Moldova, September 20-23, 2018, p. 134-138.
9. Codreanu S., Arsene I., Coropceanu E. The development of research competence based on quantum calculation of molecular systems. *Social Sciences and Education Research Review (Craiova, România)*. 2018. V. 5. Nr. 1. P. 95-109.
10. Codreanu S., Arsene I., Coropceanu E.. Theoretical study of some phenomena and processes in the course of organic chemistry. *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis: Studia ad Didacticam Biologiae Pertinentia* 8 (2018), p. 152-159.
11. Codreanu S., Arsene I., Coropceanu E.. Active interdisciplinary research training context for developing innovative competence in chemistry. *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis: Studia ad Didacticam Biologiae Pertinentia* 8 (2018), p. 102-112.
12. Codreanu S., Arsene I., Coropceanu E. Studiul energeticii procesului de substituție a unor liganzi din compuși coordinativi. . *Învățământul superior: tradiții, valori, perspective*. UST, 28-29 septembrie 2018. V. I: Științe Exacte și ale Naturii. *Didactica Științelor Exacte și ale Naturii*. P. 204-209.
13. Arsene I., Codreanu S., Coropceanu E. Utilizarea studiului profilului energetic în prognozarea desfășurării reacțiilor de condensare al unor molecule organice. *Curriculumul școlar: provocări și oportunități de dezvoltare*. Chișinău, IȘE, 7-8 decembrie 2018. P. 50-55.
14. Duca Gh., Aricu A., Lungu L., Tenu N., Ciocarlan A., Gutu Y., Dragalin I., Barba A. Synthesis of new homodrimane sesquiterpenoids containing diazine, 1,2,4-triazole and carbazole rings. *Chemistry Journal of Moldova*, 2018, 13(1), p. 69-73.
15. Lungu L., Tenu N., Aricu A., Barba A., Ciocarlan A., Vornicu N. Synthesis of new biological active tetranorlabdane compounds with 1,3,4-thiadiazole units. In: *The XXXV-th Romanian Chemistry Conference, Calimanesti-Caciulata, Romania, October 2-5, 2018*, p. 16.

LISTA TEMELOR PROPUSE PENTRU LUCRUL INDIVIDUAL, TEZE DE LICENȚĂ/MASTER

1. Rolul metalului generator de complex în procesul de asamblare a compușilor coordinativi.
2. Importanța unor elemente biogene în sistemele biologice.
3. Metode de obținere a liganzilor organici pentru sinteza compușilor coordinativi.
4. Strategii de sinteză a compușilor coordinativi cu proprietăți utile.
5. Rolul noilor compuși coordinativi în dezvoltarea materialelor și tehnologiilor performante.
6. Domenii de utilizare practică a compușilor coordinativi.
7. Impactul studiilor interdisciplinare chimie-fizică-biologie în evoluția direcțiilor de cercetare.
8. Metode contemporane de analiză instrumentală în aprecierea calității produselor alimentare (originea botanică și geografică a produsului).
9. Folosirea metodelor contemporane de analiză instrumentală în medicină.
10. Utilizarea metodelor contemporane de analiză instrumentală în aprecierea calității produselor farmaceutice.
11. Metode contemporane de analiză instrumentală în aprecierea calității produselor industriale.
12. Metode contemporane de analiză instrumentală în *criminologie*.
13. Modelare chimică, aspecte teoretice.
14. Relații structură chimică-activitate biologică.
15. Softuri moderne specifice în modelarea chimică.
16. Gamess, instrucțiuni generale.
17. Gaussian, instrucțiuni generale.
18. Algoritmul de introducere a datelor pentru calcul.
19. Vizualizarea și citirea rezultatelor.
20. Valorificarea și diseminarea rezultatelor cercetării.
21. Importanța calculelor cuantochimice în prognozarea și stabilirea compoziției, structurii și proprietăților unor compuși.
22. Prezentări argumente "pro" și "contra" referitor la influența chimiei asupra vieții omului și a mediului.
23. Explicați noțiunile de solubilitate, electrolit, neelectrolit, electrolit tare, electrolit de tărie medie, electrolit slab, conductivitate.
24. Argumentați importanța soluțiilor în medicină, în agricultură, în procesele vitale etc.
25. Exemplificați importanța efectului termic în producere, energetică, procese vitale etc.
26. Clasificarea reacțiilor chimice după efectul termic al reacției. Reacție exotermă, reacție endotermă, ecuații termochimice, reacții reversibile și ireversibile, rapide și lente.
27. Proiect de cercetare: Investigarea influenței aerului, apei, sărurilor și a apei sărate asupra coroziunii metalelor.

**Chestionar pentru studenți aplicat în cadrul experimentului de constatare
(la anul I și II)**

1. Care ar fi noțiunea de competență profesională în viziunea ta:

2. Enumeră câteva elemente (componente) ale competenței profesionale:

3. Dați exemple de competențe formate în cadrul orelor la Didactica chimiei.

4. În viziunea ta care sunt elementele componente ale competenței profesionale:

5. Enumeră câteva caracteristici ale profesorului de chimie modern:

6. Expune 3 aspecte privind rolul practicii pedagogice în formarea profesională inițială:

7. Pentru formarea competenței profesionale inițiale este necesar:

8. Care este rolul unui profesor de chimie modern:

9. Ce componente ale competenței profesionale a-ți dori să obții în cadrul facultății?

10. Ce propuneți pentru formarea eficientă a competenței profesionale inițiale a unui chimist în cadrul specialității?

Tipuri de competențe

Tipuri de competențe	Studenti, nr.	Pondere, %
Competențe de comunicare	43	42,16
Competențe de comunicare în limba străină	4	3,92
Competențe cognitive	13	12,74
Competența managerială	2	1,96
Competența de investigare	16	15,69
Competențe sociale	4	3,92
Competențe interpersonale	28	27,45
Competențe TIC	11	10,78
Competențe analitice	14	13,72
Competențe funcționale	14	13,72
Competența de cunoaștere științifică	5	4,9

Caracteristicile profesorului de chimie

Caracteristicile profesorului de chimie	Studenți, nr.	Ponderea, %
Comunicativ	14	13,72
Expert al actului de predare-învățare evaluare	33	32,35
Profesionist	36	35,29
Manager	3	2,94
Lider	7	6,86
Evaluator	7	6,86
Cooperant	14	13,72
Cercetător	3	2,94
Organizator	8	7,84
Consultant	6	5,88
Utilizator TIC	7	6,86

Rolul practicii pedagogice în formarea profesională inițială

Răspunsuri	Studenti, nr.	Ponderea, %
Elaborarea și utilizarea proiectelor didactice	7	6,86
Efectuarea unor activități specifice procesului de învățământ	15	14,7
Dezvoltarea competențelor specifice	16	15,69
Stabilirea legăturii directe între elev-profesor	6	5,88
Exersare în profesie, deprinderi de lucru	9	8,82
Lărgirea orizonturilor de cunoaștere	5	4,9
ieșirea din starea de confort	3	2,94
Dezvoltarea comunicării, formarea abilităților de pedagog	21	20,58
Formarea de noi specialiști în domeniu	4	3,92
Proiectarea situațiilor de învățare, selectarea strategiilor didactice, cadrul de învățare și gândire	8	7,84
Contribuie la dezvoltarea personală	5	4,9
Exersarea teoriei în practică, abilități de predare, lucrul în grup, spirit organizatoric	14	13,72
Șansa de ați căpăta un loc de muncă, dezvoltare în plan profesional	4	3,92
Expunerea liberă în fața elevilor, demonstrarea diverselor experiențe, explicare pe înțelesul elevilor.	8	7,84

Pentru formarea competenței profesionale inițiale este necesar

Răspunsuri	Studenti, nr.	Ponderea, %
Activitatea teoretică de informare, practică, desfășurată într-un context profesional real	16	15,68
Perseverență, dorință, ambiție, cunoștințe, informare, generală, multă muncă în domeniul dat, continuă dezvoltare profesională	19	18,62
Cunoștințe și aplicare în practică	11	10,78
De a depune eforturi mari și de a persevera în mod continuu	8	7,84
Descoperirea lucrurilor noi în fiecare zi	4	3,92
Să dăm dovadă de caracter, dorință și străduință, informare și cercetare	7	6,86
Capacități cognitive, afective, motivaționale	3	2,94
Multă răbdare, cunoștințe și multă dăruire de sine	6	5,88
De cunoștințe avansate în domeniul formării profesionale	9	8,82
Să cunoști la nivel mediu informația ce ține de domeniul pe care l-ai ales în cariera personală	4	3,92
Să fii mai îndrăzneț, să înveți de la alții cum să lucrezi cu auditoriul	3	2,94
Studiul avansat și suplimentar	4	3,92
Să lucrezi și să acorzi cât mai mult timp pentru o reușită bună, să observi modul de lucru – predarea mai multor profesori, apoi formarea capacităților proprii	3	2,94
Să-ți placă ceea ce faci, să te strădui ca ceea ce faci să le placă și altora și să-ți asumi responsabilitate maximă	4	3,92
Să ai capacități de organizare, analiză, comunicare, de înțelegere a mesajului didactic, de aplicare a cunoștințelor, deprinderilor și atitudinilor	5	4,9
Profesorul ideal trebuie să abordeze studiul obiectului pe care-l predă nu ca un scop în sine, ci ca un mijloc de realizare a obiectivelor educaționale	3	2,94
Studierea, cercetarea, acumularea de informații necesare pentru domeniul dorit, aducerea la	3	2,94

cunoștință a teoriilor, implementarea ideilor teoretice și practice ale lecțiilor		
De a depune eforturi maxime pentru a dobândi aceste competențe esențiale și de a persevera în mod continuu	3	2,94
Deprinderi de predare, cunoștințe aprofundate în domeniu, dezvoltare și creativitate continuă	4	3,92
Studentul să frecventeze orele și să fie motivat de profesor s-o facă	5	4,9
De a dezvolta creativitatea, de a studia continuu, dezvoltarea activismului	4	3,92
Acumulare de cunoștințe, deprinderi de predare, mereu în dezvoltare	4	3,92
Multă perseverență, muncă, cunoștințe și abilități	5	4,9
Ținută corespunzătoare, expunere liberă, abilități de comunicare	4	3,92

Măsuri propuse pentru formarea eficientă a competenței profesionale inițiale a unui chimist în cadrul specialității

Propuneri	Studenti, nr.	Pondere, %
Să se întreprindă măsuri eficiente în vederea sporirii motivației și dragostei pentru profesia aleasă, care nu constă doar în capacitatea unor rezultate înalte la unele discipline studiate la facultate, ci pentru toată viața, căci el va fi acea persoană care va forma în continuare personalități cultivate.	3	2,94
Însușirea tuturor temelor de specialitate care se predau în cadrul lecțiilor la universitate, implicarea activă în activitățile școlare/extrașcolare.	7	6,86
Să țină cont de toți pașii necesari pentru a ajunge într-un anumit punct, implicare în diferite activități pentru dezvoltare și performanțe, practică, aplicarea cunoștințelor teoretice în practică.	3	2,94
Mai multe lucrări de laborator, schimb de experiență cu alte universități.	5	4,9
Mai multă informație suplimentară necesară.	4	3,92
Studierea mai succintă a materialului, să învețe mai amănunțit ceea ce se predă în școală.	3	2,94
Să fie predat materialul mai succint și la temă, cât mai dotate laboratoarele.	3	2,94
Cunoașterea terminologiei și a chimiei avansate.	2	1,96
Noi surse de predare în cadrul orelor de chimie, în laboratorul de chimie, noi soluții pentru a avea un rezultat cu efect.	6	5,88
Formarea tinerilor specialiști prin utilizarea tehnologiilor moderne.	3	2,94
Să se organizeze cât mai multe ședințe de formare a studenților, cercuri pe interese.	4	3,92
Să depună suflet în ceea ce face, materia studiată să fie însușită pe măsură, colaborarea cu membrii grupului care activezi.	5	4,9
Trebuie să învețe cât mai mult.	3	2,94
De a consulta mai multă informație de specialitate, mult lucru practic.	2	1,96
Multă literatură de specialitate și lucru practic.	3	2,94
Cât mai multă practică și teorie care ar duce la formarea unui specialist bun.	10	9,8
Demonstrarea anumitor valori personale și profesionale.	3	2,94
Cât mai multă informație actuală de acumulat, elaborări și experimente actuale, aplicarea practică a cunoștințelor teoretice.	6	5,88
Informații suplimentare, folosirea diferitor metode și procedee didactice noi, cât mai multă informație nouă în domeniu.	3	2,94
Efectuarea a cât mai multe experimente, rezolvarea problemelor.	9	8,82
Laboratoare cât mai dotate.	4	3,92

Domnule Decan,

Eu, _____ student(ă) a grupei _____, solicit să ascult suplimentar la planul de învățământ în anul de studii 2019-2020, cursul opțional Chimia pentru viață – cercetări integrate.

Decanului facultății Biologie și chimie

Dlui dr., conf. univ., N. Aluchi

Test de evaluare inițială referitor la Curriculumul interdisciplinar, specialitățile Chimie, Chimie și biologie, Biologie și chimie

1. Ce exemple de compuși coordinativi din natură cunoașteți?

2. Cunoașteți careva elemente (metale) cu importanță vitală sau de stimulare a unor procese fiziologice?

3. Explicați relația: *compoziție* → *structură* → *proprietăți* → *importanță practică*.

4. Cunoașteți careva metode instrumentale de determinare a compoziției și structurii compușilor chimici?

5. Care este importanța utilizării metodelor instrumentale contemporane de determinare a calității produselor farmaceutice, alimentare și industriale?

6. Cunoașteți și utilizați careva soft-uri specifice domeniului Chimie?

7. Ce metode de modelare a compoziției și structurii compușilor chimici cunoașteți?

8. Cunoașteți careva aplicații digitale ce pot fi folosite la determinarea calității factorilor de mediu?

Evaluarea intermediară Nr. 1 *Chimia pentru viață – cercetări integrate*, curs opțional

Specialitatea Chimie, Chimie și biologie, Biologie și chimie, Anul I, II

Nume _____

Anul, grupa _____

51 – 60 % - nota 5

71 – 80 % - nota 8

61 – 65 % - nota 6

81 – 90 % - nota 9

66 – 70 % - nota 7

91 – 100 % - nota 10

Acumulat _____ **din 100 puncte, Nota** _____

7. Descrieți metodele de sinteză utilizate la obținerea compușilor coordinativi ai metalelor tranziționale cu liganzi organici ce conțin grupe funcționale piridinice, carboxilice și oximice.
20 p.
8. Analizați capacitatea selectivă de coordinare a grupelor funcționale în dependență de natura atomului donator de electroni.
15 p.
9. Descrieți domeniile potențial utile de aplicare a compușilor coordinativi ai metalelor tranziționale.
15 p.
10. De ce moleculele H₂, O₂, N₂ nu se pot analiza prin spectrometrie de absorbție IR?
20 p.
11. Descrieți poliedrul de coordinare a unui compus coordinativ.
15 p.
12. Explicați metodologia de lucru al difractometrului cu raze X.
15 p.

Coordonator curs

Codreanu S.

Evaluarea intermediară Nr. 2 *Chimia pentru viață – cercetări integrate*, curs opțional

Specialitatea Chimie, Chimie și biologie, Biologie și chimie, Anul I, II

Nume _____

Anul, grupa _____

51 – 60 % - nota 5

71 – 80 % - nota 8

61 – 65 % - nota 6

81 – 90 % - nota 9

66 – 70 % - nota 7

91 – 100 % - nota 10

Acumulat _____ **din 100 puncte, Nota** _____

9. Descrieți metodele și programele de calcul folosite la modelarea compușilor organici și anorganici, cât și a mecanismelor teoretice ale reacțiilor și fenomenelor chimice. 20 p.
10. Argumentați rolul modelării chimice în perspectiva dezvoltării chimiei teoretice la nivel național și internațional. 15 p.
11. Expuneți unele domenii de aplicare a modelării chimice. 15 p.
12. Cum poate fi explicată diferența dintre conductivitatea diferitor soluții? De ex. soluția clorură de sodiu și clorură de calciu? 15 p.
13. Prezentați trei utilizări ale reacțiilor endoterme și/sau exoterme. 20 p.
14. Explicați, cum ar afecta rezultatele în cazul fotolorimetrării dacă lichidele ar fi mai diluate? 15 p.

Coordonator curs

Codreanu S.

Evaluarea finală (examen)

Nume _____

Anul, grupa _____

UNIVERSITATEA DE STAT TIRASPOL
FACULTATEA BIOLOGIE ȘI CHIMIE
CATEDRA CHIMIE

Aprobat la ședința Catedrei
din 13 noiembrie 2019

Șef. catedră _____

doct., conf. univ. Arsene I
decembrie 2019

LICENȚĂ, specialitatea Chimie, Chimie și biologie, Biologie și chimie
Examen la **CHIMIA PENTRU VIAȚĂ – CERCETĂRI INTEGRATE**
(curs opțional)

Rechizite permise: pix, calculator. Durata examenului: 90 min.

Barem de notare: Pentru realizarea obiectivelor la nivel de cunoaștere, aplicare și integrare în proporție de (puncte):

51 – 60 % - nota 5	71 – 80 % - nota 8
61 – 65 % - nota 6	81 – 90 % - nota 9
66 – 70 % - nota 7	91 – 100 % - nota 10

Examinatori: Coropceanu E., Codreanu S., Arsene I., Barba A.

Acumulat _____ din 100 puncte

Nota evaluărilor curente _____ Nota la examen _____ Nota generală _____

(0,5)

(0,5)

1. Expuneți algoritmul de identificare a compoziției și structurii compușilor coordinativi în baza metodelor fizice contemporane. 20 p.
2. Elaborați schema de sinteză a unui compus coordinativ în baza liganzilor organici cunoscuți. 25 p.
3. Descrieți poliedrul de coordinare a unui compus coordinativ. 20 p.
4. Descrieți din punct de vedere cuanto-chimic mecanismele unor reacții chimice. 20 p.
5. Cum credeți, care lungimi de undă (în ceea ce privește culorile) utilizează clorofilele în fotosinteză? 15 p.

Examinator _____

Test de evaluare finală referitor la Curriculumul interdisciplinar, specialitățile Chimie, Chimie și biologie, Biologie și chimie

1. Descrieți unii compuși coordinativi din natură cunoscuți de dvs.

2. Argumentați importanța unor elemente (metale) cu importanță vitală în procesele fiziologice.

3. Descrieți unele metode instrumentale de determinare a compoziției și structurii compușilor chimici.

4. Exemplificați importanța utilizării unor metode instrumentale contemporane de determinare a calității produselor farmaceutice, alimentare și industriale.

5. Descrieți unele soft-uri specifice domeniului Chimie.

6. Explicați utilitatea folosirii aplicațiilor digitale specializate în determinarea calității factorilor de mediu.

7. În ce măsură utilizarea diferitor soft-uri, programe speciale, aplicații digitale ar putea motiva procesul de instruire la chimie?

8. În baza relației: *compoziție* → *structură* → *proprietăți* → *importanță practică*, alcătuiți un algoritm de analiză pe un caz concret.

Chestionar pentru determinarea atitudinii față de Curriculumul interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate*, specialitățile Chimie, Chimie și biologie, Biologie și chimie

1. Cum credeți, sunt necesare cunoștințe integrate pentru studierea și înțelegerea mai profundă a fenomenelor și proceselor chimice? De ce?

2. Astfel de studii interdisciplinare ar contribui la pregătirea profesională inițială a viitorului chimist? Explicați.

3. Cum considerați, Chimia este mai motivantă atunci când se folosește în practica de lucru calculatorul? De ce?

4. Ce metode fizice de analiză ați folosi la determinarea compoziției și structurii compușilor?

5. Cum credeți în formarea profesională a unui chimist sunt necesare cunoștințe din domeniile conexe: biologie, fizică, informatică, matematică? De ce?

6. Studierea acestei discipline va contribui la formarea profesională a viitorului chimist? Prin ce?

7. După părerea dvs. care modul v-a motivat mai mult și de ce?

8. După părerea dvs. ce poate fi schimbat în procesul de instruire la chimie pentru ca disciplina să devină mai motivantă?

9. În viziunea dvs. ce este necesar pentru formarea competenței profesionale inițiale a unui chimist?

10. Comentați atitudinea dvs. față de curriculumul interdisciplinar *Chimia pentru viață – cercetări integrate*.

DECLARAȚIA PRIVIND ASUMAREA RĂSPUNDERII

Subsemnatul, declar pe răspundere personală că materialele prezentate în teza de doctorat sunt rezultatul propriilor cercetări și realizări științifice. Conștientizez că, în caz contrar, urmează să suport consecințele în conformitate cu legislația în vigoare.

Codreanu Sergiu

20.05.2020

CURRICULUM VITAE

Numele: Codreanu

Prenumele: Sergiu

Data nașterii: 23.07.1974, s. Iargara, r-nul Leova



Educație și formare:

2016-2020: Universitatea de Stat din Tiraspol, studii în cadrul Școlii doctorale „Științe ale Educației”, specialitatea 532.02 Didactica școlară (Chimie)

2006-2007: Universitatea de Stat din Tiraspol, masterat în Chimie

1991-1996: Universitatea de Stat din Tiraspol, studii de licență, specialitatea Biologie și chimie

1989-1991: Liceul Teoretic din or. Leova, profilul Biologie și chimie

1981-1989: școala medie din Hănăsenii-Noi, r-nul Leova

Stagii:

- SES LTD. Neulog sensors and Robotics Training. UST, April, 27-27 , 2017;
- *Formare continuă.* Utilizarea tablei interactive SmartBoard în procesul de învățământ. UST, 21-31 august 2017; CRP, Nr. 000048221;
- *Formare continuă.* Formarea formatorilor locali. UST, 28.08-05.10.2017; CRP, Nr. 000049065;
- *Formare continuă.* Legislația educației. UST, 26.02-12.03.2018; CRP, Nr. 000055406;
- Mobilitate academică în cadrul Universității ”A. I. Cuza”, Facultatea de Chimie, Iași, România, 20-27 mai 2018;
- *Formare continuă.* Tehnologii digitale pentru predare. UST, 21.01-30.01.2019; CRP, Nr. 000066567;
- *Atelier național.* Formarea inițială a cadrelor didactice pentru o educație bazată pe competențe. MECC, 20-21 ianuarie 2020.

Domenii de interes științific:

- ✓ Chimie analitică;
- ✓ Metode fizico-chimice de analiză;
- ✓ Tehnologii informaționale specifice chimiei;
- ✓ Didactica chimiei;
- ✓ Legăturile interdisciplinare

Participări în proiecte științifice naționale:

- 2011-2014, Proiect instituțional "Cercetarea modificării spectrului energetic al purtătorilor de sarcină în antimonidul de galiu sub influența dopanților din grupele elementelor de tranziție și pământuri rare și a interacțiunii donor-acceptor și a spectrului energetic al poluanților în asigurarea securității ecologice a sociogeosistemului", codul:11.817.05.31F.
- 2015-2019, Proiect instituțional "Studiul acțiunii antropice asupra biodiversității, statusului fiziologic al populației mun. Chișinău și utilizarea rezultatelor în formarea competențelor transdisciplinare în procesul educațional", codul:15.817.02.40A.
- 2020-2024, Proiect instituțional "Elaborarea noilor materiale multifuncționale și tehnologii eficiente pentru agricultură, medicină, tehnică și sistemul educațional în baza complexelor metalelor „s” și „d” cu liganzi polidentati”, codul: 20.80009.5007.28.

Participări la foruri științifice naționale și internaționale:

- The 6th International Conference Ecological & Environmental Chemistry. March 2-3, 2017, Academy of Sciences of Moldova, Chisinau, 1 Stefan cel Mare Blvd., MD-2001.
- Conferința Științifico-practică națională cu participare internațională „Reconceptualizarea formării inițiale și continue a cadrelor didactice din perspectiva interconexiunii învățământului modern general și universitar”. Chișinău, UST, Republica Moldova, 27-28 octombrie 2017.
- Conferința republicană a cadrelor didactice. Chișinău, UST, Republica Moldova, 10-11 martie 2018.
- Conferința științifico-didactică națională cu participare internațională, ediția a II-a, consacrată aniversării a 80-a a profesorului universitar Ilie Lupu "Probleme actuale ale didacticii științelor reale", 11-12 mai 2018.
- Conferința științifică internațională "Curriculumul școlar: provocări și oportunități de dezvoltare" Chișinău, Moldova, IȘE, 7-8 decembrie 2018.
- The 26th Conference on Applied and Industrial Mathematics. Chișinău, Moldova, September 20-23, 2018.
- Conferința științifică națională cu participare internațională. Învățământ superior: tradiții, valori, perspective, 28-29 septembrie 2018.
- Conferința republicană a cadrelor didactice. Chișinău, UST, Republica Moldova, 28-29 februarie 2020.

Lucrări științifice și științifico-metodice publicate: 5 articole științifice în reviste naționale de categoria B și C, 5 articole în reviste din străinătate, 8 comunicări la conferințe științifice naționale și internaționale, Ghid pentru utilizarea senzorilor în procesul de instruire la chimie (îndrumar de laborator).

Activități extracurriculare:

- Coordonator al Cercului de Chimie în cadrul catedrei Chimie, facultatea Biologie și chimie a Universității de Stat din Tiraspol (2012 - prezent).

Cunoașterea limbilor:

	RUSĂ	ENGLEZĂ	FRANCEZĂ
Abilitatea de a citi	Bine	Mediu	Satisfăcător
Abilitatea de a scrie	Bine	Mediu	Satisfăcător
Abilitatea de a vorbi	Bine	Mediu	Satisfăcător

Date de contact de serviciu:

Adresa: or. Chișinău, str. Drumul Viilor, 26A

Telefon: 069690231

e-mail: sergiu.codreanu@ust.md