

УДК 37.01+372.8+ 54.057+547.461.2

¹Філеп М.Й., к.х.н., доц.; ¹Молнар К.А., асист.; ^{1,2}Сабов М.Ю., к.х.н., доц.;
¹Чома З.З., PhD, доц.; ¹Бак Є.О., ст. викл.

РОЗВИТОК НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ЧЕРЕЗ МОДЕЛЬНЕ ЗАВДАННЯ СИНТЕЗУ ТА АНАЛІЗУ ОКСАЛАТІВ d-МЕТАЛІВ

¹Закарпатський угорський інститут ім. Ф. Ракоці II, 90202,
м. Берегово, пл. Кошута, 6;

²ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,
88000, м. Ужгород, вул. Підгірна 46;
e-mail: mfilep23@gmail.com

У процесі розвитку закладів вищої освіти науковий компонент став невід'ємною частиною освітньої діяльності, тому підготовка фахівців, що володіють навичками науково-дослідницької діяльності, має ключове значення. У даній роботі представлені інноваційні методи навчання, що можуть застосовуватися в курсі «Основи наукових досліджень». Здійснено інтегрування двох методів в освітній процес: навчання на основі досліджень (research-based learning, RBL) та жанровий підхід (genre-based approach, GBA). Для реалізації концепції нами обрано в якості модельного завдання синтез та дослідження оксалатів d-металів (Fe^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+}). Здобувачі освіти індивідуально виконували весь процес дослідження: від опрацювання наукової літератури через вибір методу, планування та виконання синтезу до ідентифікації отриманих зразків методом рентгенівського фазового аналізу, графічного представлення результатів та їх документування у формі наукової публікації. Вибрані сполуки синтезували з водного розчину, використовуючи еквімолекулярні кількості сульфату відповідного металу та калій оксалату. Дослідження методом РФА підтвердили успішність синтезу та фазову однорідність отриманих зразків. Результати досліджень здобувачі представили на X Міжнародній науково-практичній конференції молодих дослідників «Фундаментальні та прикладні дослідження в сучасній хімії та фармації» (Ніжин, 2024), таким чином збагатившись реальним досвідом публікації.

Ключові слова: дослідницьке навчання; жанровий підхід; оксалати d-металів; рентгенівський фазовий аналіз; дидактика.

Заклади вищої освіти, що розвиваються, інтегрували наукові компоненти у вищий рівень освіти, тому підготовка фахівців з науково-дослідницькими навичками має ключове значення.

Науково-дослідницькі компетентності зазвичай розподіляються між кількома освітніми компонентами, однак зазвичай теоретичні та практичні основи планування експерименту закладаються в освітньому компоненті (ОК) «Основи наукових досліджень».

Даний ОК знайомить здобувачів з основними елементами наукових досліджень – плануванням за результатами аналізу літературних даних, проведенням дослідження, обробкою та формулюванням результатів. З огляду на це, необхідно надати

здобувачам можливість самостійно пройти всі етапи наукового дослідження для кращого засвоєння ними відповідних компетенцій.

Метою дослідження є інтеграція навчання на основі досліджень (research-based learning, RBL) та жанрового підходу (genre-based approach) у навчальну структуру ОК «Основи наукових досліджень». Кінцевою метою освітнього процесу є те, щоб здобувачі на завершення навчання були здатні підготувати наукову роботу, придатну для публікації, яка базується на емпіричному дослідженні та відповідає формальним і змістовим вимогам, що очікуються у матеріалах конференцій, і там публікується.

Експериментальна частина

Появу RBL насправді можна простежити до часів Дж. Дьюї [1].

Центральною ідеєю Дьюї було те, що навчання передбачає не просте передавання знань, а активне конструювання розуміння. У його підході учні, виходячи з конкретного досвіду та з підтримуючим керівництвом учителя, приходять до нових знань. Традиційні відносини вчитель-учень трансформуються: педагог виконує роль фасилітатора (помічника), тоді як учні частково перебирають контроль над власним процесом навчання [2]. Цей підхід радикально відійшов від попередньої освітньої моделі, що ґрунтувалася на пасивному сприйнятті, і створив теоретичну основу для сучасного навчання на основі досліджень [3-5].

Розрізняють три типи навчання на основі досліджень [6]:

1. Структуроване дослідження – де викладач визначає тематичну область і формулює питання. Студенти здійснюють збір даних, аналіз, вирішення.

2. Кероване дослідження – де викладач визначає початкові дослідницькі питання. Студенти здійснюють планування дослідження, збір даних, аналіз, вирішення.

3. Відкрите дослідження – де викладач спостерігає на задньому плані. Студенти здійснюють керівництво, постановку дослідницьких питань, планування дослідження, збір даних, аналіз, вирішення.

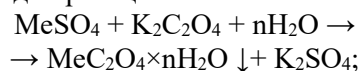
У викладанні ОК «Основи наукових досліджень» нами застосований підхід керованого дослідження. Поряд з RBL надзвичайно добре можна застосовувати жанровий підхід (GBA) [7] в рамках ОК «Основи наукових досліджень». GBA підхід у викладанні та вивченні письма є нетиповим порівняно з іншими існуючими підходами [8], оскільки зазвичай він використовується лінгвістами для засвоєння певного жанру. Але оскільки майбутні науковці повинні бути знайомі зі структурою, мовою, кроками написання наукових публікацій, він добре застосовується і в цьому форматі.

Для реалізації підходу нами було обрано наукову тему, пов'язану з синтезом та дослідженням сполук. Вибір припав на

оксалати d-металів. Це обумовлено як наявністю доступних літературних даних, необхідних для літературного аналізу, так і простотою їх синтезу. Здобувачі повинні були вибрати один з можливих іонів - Fe^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} - і отримали тему та завдання проєкту. Виконання проєкту відбувалося індивідуально.

Перший етап включав пошук та аналіз літературних даних про властивості та практичне застосування даних сполук. На наступному етапі вони повинні були запропонувати метод синтезу та виконати відповідний синтез оксалату MeC_2O_4 у кількості, визначеній викладачем. Всі здобувачі обрали синтез з водного розчину для отримання оксалатів. Як джерело металічних іонів Me^{2+} – Fe^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} використовували відповідні сульфати металів, а як джерело оксалат-іонів – $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \times \text{H}_2\text{O}$.

Оксалати отримували реакцією еквімолекулярних кількостей відповідних солей, згідно реакції:



де $n = 2$ для Fe^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , та $n = 1$ для Cu^{2+} .

Синтезовані зразки досліджували методом рентгенівського фазового аналізу (РФА) з використанням порошкового дифрактометра Proto AXRD Benchtop. Режим зйомки: CuK_α -випромінювання, Ni-фільтр, діапазон сканування кутів $10^\circ \leq 2\theta \leq 60^\circ$ із кроком $\Delta 2\theta = 0.02^\circ$, експозиція - 0,5 с.

Результати

Одержані здобувачами зразки оксалатів після висушування були досліджені методом РФА. Підготовку зразків для аналізу методом РФА виконували здобувачі під наглядом викладача. Фазовий аналіз у програмі PDAnalysis (надана Proto) здійснювався за участі викладача. За результатами досліджень методом РФА встановлено фазову однорідність отриманих зразків (рис. 1). Це підтверджує правильність обраного методу синтезу та рівень його реалізації.

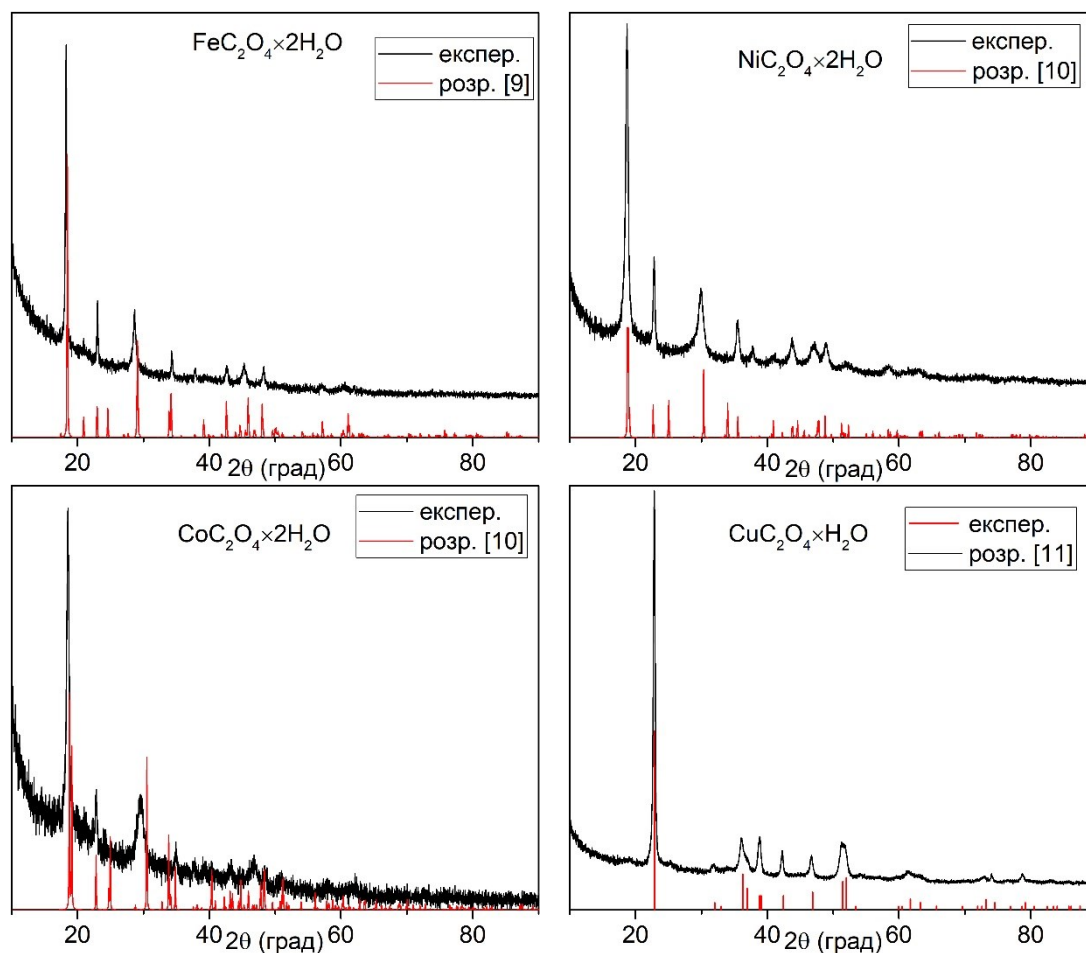


Рис.1. Експериментальні та розраховані за літературними даними [9-11] дифрактограми синтезованих оксалатів.

Експериментальну дифрактограму здобувачі самостійно представили в графічній формі, використовуючи дві програми з запропонованого списку безкоштовних програм (SciDAVis, QtiPlot 0.9.8.9, AlphaPlot, LabPlot).

Оскільки інтенсивність та форма дифракційних піків вказують на значну дисперсність отриманих порошків, було вирішено оцінити розмір кристалітів із застосуванням відомої формули Шеррера [12]: $d = 0.89 \times \lambda / (\beta \times \cos \theta_\beta)$, що об'єднує розмір кристаліту d (область когерентного розсіювання) з довжиною хвилі рентгенівського випромінювання (λ) та шириною піку на половині його висоти (β) для аналізованого піку на позиції θ_β .

Одержані значення розмірів кристалітів становлять: 28 нм – $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 17 нм – $\text{NiC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 21 нм – $\text{CoC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ та 19 нм – $\text{CuC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Заключний етап полягав у написанні наукової роботи (обсягом дві сторінки), яка містила всі необхідні розділи: вступ з обґрунтуванням актуальності, результати та їх обговорення, а також висновки. Таким чином, здобувачі змогли самостійно виконати всі основні етапи наукового дослідження – від планування до обробки та документування результатів.

Висновки

Всі здобувачі успішно виконали хімічний синтез оксалатів d-металів. У всіх випадках вони отримали цільові сполуки, що підтверджується фазовим аналізом.

Під час практичних занять здобувачі потребували допомоги переважно при інтерпретації та аналізі дифрактограм. Однак за підтримки викладача вони успішно подолали ці труднощі. Лабораторну роботу здобувачі виконували самостійно, викладач

виконував лише наглядову роль. Свої результати вони спільно представили на X Міжнародній науково-практичній конференції молодих дослідників «Фундаментальні та прикладні дослідження в сучасній хімії та фармації» (Ніжин, 2024) [13]

На основі всього вищезазначеного можна встановити, що поєднання навчання на основі досліджень та жанрового підходу виявилось ефективним методом у рамках ОК «Основи наукових досліджень».

Список використаних джерел

1. Blessinger P., Carfora J.M. Inquiry-Based Learning for Multidisciplinary Programs: A Conceptual and Practical Resource for Educators (Innovations in Higher Education Teaching and Learning, 3), Bingley, Emerald Group Publishing Limited. 2015. P. 432.
2. Vaz de Carvalho C., Bauters, M. Technology Supported Active Learning. Lecture Notes in Educational Technology. Singapore: Springer, 2021. P. 188.
3. Tsivitanidou O., Gray P., Rybska E., Louca L., Constantinou C. Professional Development for Inquiry-Based Science Teaching and Learning. Cham: Springer, 2018. P. 284.
4. Attard C., Berger N., Mackenzie Erin. The positive influence of inquiry-based learning teacher professional learning and industry partnerships on student engagement with STEM. *Front. Educ.* 2021, 6. 693221. Doi:10.3389/educ.2021.693221.
5. Zumbach J., Bernstein D., Narciss S., Marsico G. International Handbook of Psychology Learning and Teaching. Cham: Springer, 2020. P. 1185.
6. Бульвінська О. Сучасні методи навчання і викладання на основі дослідження: зарубіжний досвід. *Освітологічний дискурс*. 2019, 1–2, 83–103. Doi: 10.28925/2312-5829.2019.1-2.83103.
7. Dirgeyasa I.W. Genre-Based Approach: What and how to teach and to learn writing. *Eng. Lang. Teach.* 2016, 9 (9), 45–51. Doi: 10.5539/elt.v9n9p45.
8. Johns A.M. Genre in the Classroom: Multiple Perspective. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2002. P. 358.
9. Echigo T., Kimata M. Single-crystal X-ray diffraction and spectroscopic studies on humboldtine and lindbergite: weak Jahn-Teller effect of Fe⁽²⁺⁾ ion. *Phys. Chem. Miner.* 2008, 35, 467–475. Doi: 10.1007/s00269-008-0241-7.
10. Deyrieux R., Berro C., Peneloux A. Contribution a l'etude des oxalates de certains metaux bivalents. III. Structure cristalline des oxalates dihydrates de manganese, de cobalt, de nickel et de zinc. Polymorphisme des oxalates dihydrates de cobalt et de nickel. *Bull. la Société Chim. Paris.* 1973, 6, 25–34.
11. Wu W.Y., Zhai L. Poly[di-aqua-mu-oxalato-copper (II) monohydrate]. *Acta Crystallogr. E.* 2007, 63, m567–m568. Doi: 10.1107/S1600536806055437.
12. Muniz F.T.L., Miranda M.A.R., Morilla dos Santos C., Sasaki J.M. The Scherrer equation and the dynamical theory of X-ray diffraction, *Acta Crystallogr. A.* 2016, 72, 385–390. Doi: 10.1107/S205327331600365X.
13. Боргато Я.-С., Вітез К.С., Калинюк Л.І., Фанчики А.-М.Ш., Філеп М.Й. Одержання оксалатів d-металів. *X Міжнародна заочна науково-практична конференція молодих учених «Фундаментальні та прикладні дослідження в сучасній хімії та фармації»*. Ніжин, Україна. 2024, 23–24 с.

Стаття надійшла до редакції: 30.04.2025

Прийняття до друку після рецензування: 05.06.2025

Публікація: 01.07.2025

DEVELOPMENT OF RESEARCH COMPETENCIES THROUGH MODEL TASK OF SYNTHESIS AND ANALYSIS OF d-METAL OXALATES

¹Filep M.J., ¹Molnar K.A., ^{1,2}Sabov M.Yu., ¹Csoma Z.Z., ¹Bak E.O.

¹Ferenc Rákóczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education, Kossuth Sq. 6, 90200, Beregovo, Ukraine

²Uzhhorod National University, Pidgirna St. 46, 88000, Uzhhorod; Ukraine, mfilep23@gmail.com

During the development of higher education institutions, the scientific component has become an inseparable part of educational activities, making it crucial to train competent professionals with scientific research skills. Our study presents innovative teaching methods applicable in the

«Fundamentals of Scientific Research» course. We incorporated two methods into the educational process: Research-Based Learning (RBL) and the Genre-Based Approach. To implement this concept, we chose the synthesis and analysis of d-metal oxalates (Fe^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+}) as a model. Students individually carried out the entire research process: from processing the scientific literature through planning and executing the synthesis method to X-ray diffraction analysis of the obtained samples, followed by graphical representation of the results and documentation in the form of a scientific publication. The selected compounds were synthesized from aqueous solution using equimolecular metal sulfate and potassium oxalate quantities. X-ray diffraction studies confirmed the success of the synthesis and the phase homogeneity of the obtained samples. The students presented their research results at the X International Young Researchers Scientific-Practical Conference, thus gaining real publication experience.

Keywords: experiential learning; genre approach; d-metal oxalates; X-ray phase analysis; didactics.

References

1. Blessinger P., Carfora J.M. Inquiry-Based Learning for Multidisciplinary Programs: A Conceptual and Practical Resource for Educators (Innovations in Higher Education Teaching and Learning, 3), Bingley, *Emerald Group Publishing Limited*. 2015. P 432.
2. Vaz de Carvalho C., Bauters, M. Technology Supported Active Learning. Lecture Notes in Educational Technology. Singapore: *Springer*, 2021. P. 188.
3. Tsivitanidou O., Gray P., Rybska E., Louca L., Constantinou C. Professional Development for Inquiry-Based Science Teaching and Learning. Cham: *Springer*, 2018. P 284.
4. Attard C., Berger N., Mackenzie Erin. The positive influence of inquiry-based learning teacher professional learning and industry partnerships on student engagement with STEM. *Front. Educ.* 2021, 6. 693221. Doi:10.3389/educ.2021.693221.
5. Zumbach J., Bernstein D., Narciss S., Marsico G. International Handbook of Psychology Learning and Teaching. Cham: *Springer*, 2020. P. 1185.
6. Bulvinska O. Cuchasni metody navchannia i vykladannia na osnovi doslidzhennia: zarubizhnyi dosvid, *Osvitohichnyi dyskurs*, 2019, 1–2, 83–103. Doi: 10.28925/2312-5829.2019.1-2.83103.6. (in Ukr.)
7. Dirgeyasa I.W. Genre-Based Approach: What and how to teach and to learn writing. *Eng. Lang. Teach.* 2016, 9 (9), 45–51. Doi: 10.5539/elt.v9n9p45.
8. Johns A.M. Genre in the Classroom: Multiple Perspective. New Jersey: *Lawrence Erlbaum Associates Publishers*, 2002. P. 358.
9. Echigo T., Kimata M. Single-crystal X-ray diffraction and spectroscopic studies on humboldtine and lindbergite: weak Jahn-Teller effect of $\text{Fe}^{(2+)}$ ion. *Phys. Chem. Miner.* 2008, 35, 467–475. Doi: 10.1007/s00269-008-0241-7.
10. Deyrieux R., Berro C., Peneloux A. Contribution a l'etude des oxalates de certains metaux bivalents. III. Structure cristalline des oxalates dihydrates de manganese, de cobalt, de nickel et de zinc. Polymorphisme des oxalates dihydrates de cobalt et de nickel. *Bull. la Société Chim. Paris.* 1973, 6, 25–34.
11. Wu W.Y., Zhai L. Poly[diaqua-mu-oxalato-copper (II) monohydrate]. *Acta Crystallogr. E.* 2007, 63, m567–m568. Doi: 10.1107/S1600536806055437.
12. Muniz F.T.L., Miranda M.A.R., Morilla dos Santos C., Sasaki J.M. The Scherrer equation and the dynamical theory of X-ray diffraction, *Acta Crystallogr. A.* 2016, 72, 385–390. Doi: 10.1107/S205327331600365X.
13. Borhato Ya.-S., Vitez K.S., Kalyniuk L.I., Fanchyky A.-M.Sh., Filep M.I. Oderzhannia oksalativ d-metaliv. X Mizhnarodna zaochna naukoivo-praktychna konferentsiia molodykh uchenykh «Fundamentalni ta prykladni doslidzhennia v suchasni khimii ta farmatsii». *Nizhyn, Ukraina.* 2024, 23–24 s (in Ukr.).