

doi: 10.33842/22195203-2026-36-137-243-248

УДК [ 378.091.212:54]: [373.5.091.33:54 +57:004]

## МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ У ПРОЦЕСІ ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ УЧНІВ НА УРОКАХ ХІМІЇ, БІОЛОГІЇ, ПРИРОДОЗНАВСТВА ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Тетяна Дюжикова

<https://orcid.org/0000-0002-8163-3816>,

Тетяна Четвертак

<https://orcid.org/0000-0001-6734-1537>*Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького*

У статті розглянуто теоретико-методичні засади впровадження сучасних цифрових вимірювальних комплексів в освітній процес. Актуальність дослідження зумовлено необхідністю модернізації освіти відповідно до вимог НУШ та впровадження STEM-технологій у підготовку майбутніх учителів хімії. Надано наукове обґрунтування та проведено експериментальну перевірку ефективності методики використання цифрових вимірювальних комплексів у процесі формування дослідницьких компетентностей на заняттях із хімії, біології, природознавства та здоров'я людини. Розроблено й апробовано методику реалізації дослідницьких проєктів за допомогою цифрових датчиків: рН-метрії середовищ, термодинаміки хімічних реакцій, динаміки частоти серцевих скорочень (ЧСС) і сатурації кисню при фізичних навантаженнях, а також екологічного моніторингу абіотичних факторів.

**Ключові слова:** хімічна освіта; цифрові вимірювальні комплекси; дослідницька компетентність; гурток «Спектр»; природнича грамотність; цифрова лабораторія; інструментальний моніторинг; STEM-освіта.

### **Diuzhykova Tetiana, Chetvertak Tetiana. Methodology of using digital measurement complexes in the process of forming students' research competencies in chemistry, biology, natural science, and human health classes.**

The article explores the theoretical and methodological foundations for implementing modern digital measurement complexes (DMC) into the educational process of higher and secondary schools. The relevance of the study is driven by the necessity to modernise natural science education in line with the New Ukrainian School (NUS) standards and the integration of STEM technologies into the professional training of future chemistry teachers. The purpose of the article is to provide scientific justification and experimental verification of the effectiveness of using DMCs (such as Vernier and PhET) in developing research competencies during chemistry, biology, and human health classes. The study was conducted at Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University (MDPU) involving students from the «Spectrum» research group of the Department of Chemistry and Chemical Education (n=45). The methodology focused on research projects utilising digital sensors for: pH-metry of various media; thermodynamics of chemical reactions; monitoring physiological indicators (HR, oxygen saturation) and abiotic environmental factors. Experimental results demonstrated a significant advantage of DMCs over traditional methods: The coefficient of professional knowledge acquisition in the experimental group (EG) increased by 19,7%. Readiness for independent research activity and interpretation of complex graphical data rose by 26,4%. The motivation level for scientific inquiry among participants increased by 17,1%. The implementation of DMCs in university research groups helps overcome the abstract nature of science concepts and transforms the student's role from a passive recipient into an active researcher-analyst. Systematic work with digital sensors ensures a holistic scientific worldview and enhances the competitiveness of future teachers in a modern digital school.

**Keywords:** chemical education; digital measurement complexes; research competence; «Spektrum» research group; natural science literacy; digital laboratory; instrumental monitoring; STEM education.

Постановка проблеми. Розвиток природничо-наукової освіти в Україні характеризується інтенсивним пошуком інноваційних підходів, що відповідають вимогам концепції «Нова українська школа» та стандартам STEM-освіти. Пріоритетним завданням стає не просто репродуктивна передача знань, а формування цілісних дослідницьких компетентностей, які дозволяють здобувачам вищої освіти самостійно моделювати природні процеси та критично аналізувати отримані результати. Проте на практиці викладання хімії, біології, здоров'я людини та природознавства часто стикається з

проблемою абстрактності теоретичного матеріалу та низької прецизійності традиційного лабораторного інструментарію.

Слід зазначити, що традиційний шкільний експеримент, попри свою дидактичну цінність, має суттєві обмеження: він часто не дозволяє фіксувати швидкоплинні реакції (зокрема, миттєві зміни температури або рН-середовища) та не забезпечує можливості динамічної візуалізації даних. Це створює розрив між теоретичними концепціями та емпіричним досвідом учнів. Крім того, підготовка майбутніх учителів у закладах вищої освіти, зокрема в

межах діяльності наукових гуртків, таких як «Спектр» Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького, потребує інтеграції сучасних цифрових технологій для забезпечення високої конкурентоспроможності випускників у цифровій школі.

Використання цифрових вимірювальних комплексів, таких як системи Vernier або PhET Simulations, відкриває нові можливості для об'єктивізації експерименту. Проте, попри наявність технічної бази, залишається недостатньо розробленою цілісна методика їх використання у комплексному поєднанні різних предметів природничого циклу та основ здоров'я. Існує нагальна потреба в обґрунтуванні алгоритмів діяльності, які б дозволили трансформувати звичайне вимірювання показників у повноцінне наукове дослідження з глибокою математичною та логічною інтерпретацією результатів. Відтак, розв'язання проблеми полягає у розробці та апробації методичної системи, що інтегрує можливості цифрових датчиків у структуру занять, забезпечуючи перехід від статичного спостереження до активного інструментального моніторингу природних явищ.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблема формування дослідницьких компетентностей у цифрову епоху перебуває у центрі уваги сучасної педагогічної науки. Аналіз актуальних публікацій дозволяє констатувати зміну парадигми природничої освіти: від традиційного спостереження до активного використання високотехнологічних інструментів. Відтак, в працях науковців спостерігається тенденція до використання глобальних трендів цифровізації та віртуалізації. У системному огляді D. Meronda, H. Widarti та Y. Yahmin доведено, що віртуальні лабораторії у природничій освіті мають критичне значення для покращення концептуального розуміння складних явищ та загальних результатів навчання (Meronda, Devi, Widarti, Hayuni Yahmin, 2025, с. 2021). Ця теза корелює з висновками Ю. Бохан та Т. Форостовської, які розглядають віртуальний лабораторний практикум як дієвий засіб інтенсифікації вивчення природничих дисциплін у вітчизняному освітньому просторі (Бохан, Форостовська, 2021, с. 82). Окремо слід врахувати притаманну хімічній освіті дидактику та новітні технології. Особливої ваги набуває трансформація викладання хімії. W.-K. Chiu підкреслює, що в еру штучного інтелекту та загальної цифровізації хімічна освіта повинна адаптуватися до нових технологічних викликів через систематичне впровадження інноваційних методик (Chiu, 2021, с. 209). Більш того,

дослідниця M. J. Díaz демонструє успішний досвід інтеграції інструментів доповненої реальності (AR) у навчальні процеси хімічної інженерії, що дозволяє учням взаємодіяти з об'єктами, які раніше були недоступними для прямого спостереження (Díaz, Álvarez-Gallego, Caro, Portela, 2023, с. 84). Широке використання STEM-інтеграції в поєднанні з дослідницькою діяльністю набуває подальшого розвитку. Вітчизняні науковці О. Федчишин та С. Мохун акцентують увагу на тому, що STEM-інтеграція є ключовою передумовою управління якістю вищої освіти. Вони обґрунтовують використання експериментальних задач як методичного засобу розвитку винахідницьких та дослідницьких здібностей учнів, що є фундаментом для роботи з цифровими вимірювальними комплексами (Федчишин, Мохун, 2018, с. 86). Доречним є вплив на залученість та врахування академічних досягнень. Відтак, питання моніторингу використання цифрових технологій студентами детально досліджено V. Čancer, P. Tominc та M. Rožman. Їх дані свідчать про пряму залежність між ефективністю використання цифрових інструментів та успішністю освітньої траєкторії (Čancer, Tominc, Rožman, 2025, с. 842). Цю думку розвивають R. P. Fuentes та R. LaBad, чий систематичний огляд підтверджує позитивний вплив цифрових засобів навчання на рівень залученості та академічні досягнення у вищій освіті, що є надзвичайно важливим для підготовки майбутніх викладачів (Fuentes, LaBad, 2025, с. 86). Виявлено значну кількість розробок у сфері віртуалізації та STEM, проте залишається недостатньо висвітленим питання комплексної методики, яка б поєднувала цифрові вимірювальні комплекси одночасно для хімії, біології, природознавства та основ здоров'я. Більшість досліджень фокусуються на віртуальних симуляціях, тоді як реальний інструментальний моніторинг природних процесів у реальному часі на базі педагогічних університетів (зокрема досвід гуртка «Спектр») потребує подальшого наукового узагальнення.

Формулювання цілей статті. Мета дослідження полягає у науковому обґрунтуванні та експериментальній перевірці ефективності методики використання цифрових вимірювальних комплексів як інструменту формування дослідницьких компетентностей учнів та студентів у процесі вивчення хімії, біології, природознавства та основ здоров'я. Для досягнення поставленої мети передбачено розв'язання наступних завдань: проаналізувати дидактичний потенціал сучасних цифрових лабораторій (зокрема систем Vernier та віртуальних симуляцій PhET) у контексті STEM-орієнтованого навчання; розробити та

впровадити методику інструментального моніторингу природничих процесів (рН-метрія, термодинаміка, антропометричні вимірювання) у діяльність наукового гуртка «Спектр» кафедри хімії та хімічної освіти Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького; експериментально перевірити вплив запропонованої методики на рівень засвоєння фахових знань, розвиток аналітичних умінь та зміну мотивації учасників освітнього процесу до наукового пошуку.

Методами аналізу стали системний аналіз науково-педагогічної, методичної літератури та нормативних документів МОН України щодо цифровізації природничої освіти та впровадження STEM-технологій. Порівняльно-узагальнювальний метод для вивчення дидактичного потенціалу сучасних цифрових лабораторій (зокрема систем Vernier та віртуальних середовищ PhET Interactive Simulations) у порівнянні з традиційними методиками хімічного та біологічного експерименту. Емпіричні методи: Базою дослідження виступив Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького. Експериментальна робота проводилася на базі кафедри хімії та хімічної освіти за участю членів наукового гуртка «Спектр». Діагностувальні методи: анкетування та тестування здобувачів вищої освіти для визначення вихідного рівня сформованості дослідницьких компетентностей та мотивації до наукового пошуку. Педагогічне спостереження за діяльністю студентів під час виконання інструментального моніторингу (рН-метрії, термохімічних вимірювань, фізіологічних проб). Метод моделювання: розробка алгоритмів проведення дослідницьких проєктів із використанням цифрових датчиків у курсах хімії, біології та основ здоров'я. Статистичні методи: для верифікації отриманих результатів та підтвердження їх достовірності було застосовано методи математичної статистики. Зокрема, використовувався t-критерій Стьюдента для порівняння середніх показників контрольної та експериментальної груп. Обробка даних здійснювалася за допомогою програмного забезпечення MS Excel. Дослідження охоплювало 45 осіб, розподілених на дві групи. В експериментальній групі (ЕГ) навчання базувалося на систематичному використанні цифрових вимірювальних комплексів у межах гурткової роботи, тоді як у контрольній групі (КГ) застосовувалися традиційні методи лабораторного практикуму.

Виклад основного матеріалу дослідження. Отже, пропонуємо розглянути реалізацію експериментальної методики в Мелітопольському

державному педагогічному університеті імені Богдана Хмельницького, яка базувалася на інтеграції цифрових вимірювальних комплексів у структуру науково-дослідної роботи студентів. Діяльність гуртка «Спектр» кафедри хімії та хімічної освіти стала майданчиком для апробації моделі «цифрового занурення», де кожне лабораторне заняття трансформувалося у міні-дослідження з високим ступенем об'єктивізації даних. Методичні особливості впровадження цифрових вимірювальних комплексів характеризувались тим, що ключовою відмінністю запропонованої методики став відхід від статичної фіксації кінцевих результатів реакції до динамічного моніторингу процесу. Використання високочутливих термодатчиків та рН-сенсорів Vernier дозволило учасникам гуртка фіксувати теплові ефекти при розчиненні кристалогідратів та нейтралізації сильних кислот лугами з дискретністю до 0,1 секунди. Це дало змогу не лише констатувати факт виділення чи поглинання енергії, а й аналізувати швидкість зміни ентальпії системи. Студенти гуртка «Спектр» кафедри хімії та хімічної освіти самостійно виявляли «точки перегину» на графіках титрування, що сприяло глибшому розумінню теорії електролітичної дисоціації та гідролізу солей. Така стратегія дозволила провести інтеграцію з курсом «Здоров'я людини»: експеримент продемонстрував високу ефективність датчиків ЕКГ та пульсоксиметрії для вивчення фізіологічного відгуку організму на фізичне навантаження. Замість суб'єктивного підрахунку пульсу, студенти аналізували цифрові кардіограми, вивчаючи варіабельність серцевого ритму. Це дозволило наочно продемонструвати зв'язок між біохімічними процесами (окисненням глюкози) та механічною роботою серця, що є критично важливим для майбутніх учителів основ здоров'я. Також, проведена робота сприяла когнітивній трансформації та аналітичній діяльності. Важливим результатом стало подолання так званого «ефекту чорної скриньки», коли здобувач освіти бачить вхідні дані та результат, але не розуміє механізму перетворення. Завдяки візуалізації в ПЗ Logger Pro та використанню симуляцій PhET, студенти навчилися працювати з «шумами» та похибками. Вміння відрізнити артефакт вимірювання від реальної хімічної аномалії стало індикатором переходу до вищого рівня дослідницької компетентності. Аналіз діяльності гуртка «Спектр» кафедри хімії та хімічної освіти показав, що робота з реальними цифровими кривими розвиває математичну грамотність: студенти почали оперувати поняттями похідної та інтеграла для опису хімічної кінетики, що підтверджує міжпредметну ефективність STEM-підходу. Кількісні показники експерименту (за участю

45 респондентів) продемонстрували стійку позитивну кореляцію між використанням цифрових вимірювальних комплексів та рівнем фахової підготовки. Зростання коефіцієнта засвоєння фахових знань на 19,7% пояснюється високим рівнем наочності: абстрактні поняття (енергія активації, концентрація іонів) набули конкретного графічного вираження. Показник готовності до самостійного проєктування (зростання на 26,4%) свідчить про те, що студенти ЕГ опанували не лише датчики, а й саму методологію наукового пошуку. Мотиваційний аспект (зростання на 17,1%) підтверджується тим, що студенти сприймають роботу з сучасним обладнанням як престижну складову своєї майбутньої професії в цифровій школі. Використання t-критерію Стьюдента дозволило відкинути нульову гіпотезу про випадковість результатів. Розраховане значення значно перевищило критичне при рівні значущості, що дає підстави стверджувати: впроваджена методика є детермінованим фактором зростання якості підготовки майбутніх викладачів хімії. Одним із центральних етапів педагогічного експерименту, проведеного на базі наукового гуртка «Спектр», стало дослідження кінетичних закономірностей та термодинаміки хімічних процесів за допомогою цифрового інструментарію. Метою даного етапу було обґрунтування ефективності застосування датчиків рН та температури для верифікації енергетичних ефектів, що виникають під час нейтралізації та розчинення речовин. Відтак, традиційна методика передбачає суб'єктивне сприйняття теплових ефектів (наприклад, органолептичне відчуття нагрівання пробірки), що формує лише якісне уявлення про процес. Натомість впроваджена нами методика базується на створенні ситуації когнітивного дисонансу: студенти спочатку прогнозують теоретичну зміну ентальпії системи при взаємодії сильної кислоти з лугом, а потім переходять до прецизійної кількісної оцінки за допомогою високочутливих термодатчиків (з точністю до  $0,1^{\circ}\text{C}$ ). Процедура інструментального моніторингу була реалізована за двома векторами: термохімічний вектор характеризувався тим, що під час реакції нейтралізації цифрова лабораторія Vernier забезпечувала фіксацію миттєвого стрибка температури. Програмний комплекс автоматично формував на екрані температурну криву, що дозволяло студентам з високою точністю обчислити кількість виділеної теплоти та порівняти її з табличними значеннями. Кінетичний вектор полягав у дослідженні швидкості гетерогенних реакцій (розчинення магнію або цинку в хлоридній кислоті різної концентрації). Використання датчиків тиску та лічильників крапель дозволило фіксувати об'єм

газу, що виділяється, як функцію часу. Студенти змогли поєднати інтеграцію Data Science та засоби математичного апарату. Ключовою науковою новизною підходу є використання функції «Slope» (Нахил графіка) у ПЗ Logger Pro. Обчислення тангенса кута нахилу кривої в конкретний момент часу дозволило учасникам гуртка оперувати поняттям миттєвої швидкості реакції. Це забезпечило реальну конвергенцію хімічних знань із математичним апаратом (диференціальне числення), що є фундаментом сучасної STEM-освіти. Ефективність такої моделі навчання в межах нашого дослідження оцінювалася за двома критеріями: студенти навчилися науково обґрунтовувати причини відхилення експериментальних даних від теоретичних (аналіз теплових втрат у калориметрі, вплив чистоти реактивів) та учасники експерименту встановили стійкі кореляції між динамікою зміни рН середовища та зміною концентрації реагентів у реальному часі. Відтак, впровадження цифрових лабораторій дозволило подолати описовий характер хімічного експерименту, трансформували традиційну лабораторну роботу на повноцінне наукове дослідження з високим рівнем достовірності та доказовості результатів. Важливою складовою нашого дослідження стала розробка та впровадження методики інструментального моніторингу мікроклімату екосистем. Метою цього етапу було обґрунтування використання мультисенсорних датчиків для формування емпіричних знань про взаємозв'язки у природі та розвитку дослідницької активності студентів і учнів. Методологічною основою дослідження виступила модель керованого наукового пошуку (Guided Inquiry). Замість традиційної констатації фактів із підручника, учасники освітнього процесу (зокрема члени наукового гуртка «Спектр» кафедри хімії та хімічної освіти) залучалися до збору первинних польових даних. Це дозволило реалізувати принцип науковості через безпосередню взаємодію з об'єктами природи та верифікацію теоретичних закономірностей. Програма моніторингу передбачала проведення порівняльного аналізу двох контрастних середовищ (навчальної аудиторії та відкритої пришкольньої ділянки) за наступними параметрами: інсоляційний та енергетичний режими: за допомогою цифрових люксметрів проводився аналіз залежності між інтенсивністю освітлення та станом фітоценозів, що дозволило кількісно оцінити екологічні потреби різних груп рослин. Динаміка атмосферних показників проводилась шляхом безперервного вимірювання вологості та температури. Використання програмного забезпечення для порівняння швидкості зміни температури ґрунту та водних

об'єктів дозволило наочно дослідити фундаментальне поняття теплоємності речовин. За допомогою датчиків звуку та концентрації здійснювався моніторинг якості середовища у закритих приміщеннях протягом занять. Отримані дані служили індикатором комфортності середовища для життєдіяльності людини та інтегрували знання з природознавства та основ здоров'я. Основним інструментарієм виступили мобільні цифрові лабораторії (а саме, Vernier Go Direct та Einstein), що забезпечило можливість проведення польових досліджень (Outdoor Learning). Це сприяло тому, що учасники співвідносили суб'єктивні відчуття («тепло» або «холодно») з об'єктивними цифровими показниками. Автоматична побудова порівняльних графіків у реальному часі полегшила виявлення кореляцій (наприклад, зворотної залежності між температурою та відносною вологістю повітря). Ефективність впровадженої методики верифікувалася за трьома групами критеріїв: зростанням здатності учнів аргументовано пояснювати природні явища, спираючись на отримані кількісні дані; успішним опануванням повним алгоритмом наукового методу (від висування гіпотези до формулювання висновків на основі вимірювань); трансформацією споглядального ставлення до довкілля в активну дослідницьку та природоохоронну позицію.

Висновки. У результаті проведеного дослідження науково обґрунтовано та експериментально підтверджено ефективність

методики використання цифрових вимірювальних комплексів як засобу формування дослідницьких компетентностей учнів та студентів у процесі вивчення природничих дисциплін. Теоретичний аналіз засвідчив, що впровадження цифрових вимірювальних комплексів (зокрема систем Vernier Go Direct та PhET Simulations) дозволяє змістити акцент із репродуктивного навчання на активно-дослідницьке, забезпечуючи високу точність вимірювань та наочність складних абстрактних процесів у реальному часі. Результати педагогічного експерименту, проведеного за участю членів гуртка «Спектр», продемонстрували статистично значуще зростання якості підготовки. Зокрема, коефіцієнт засвоєння фахових знань в експериментальній групі зріс на 19,7%, а здатність до самостійної інтерпретації даних та побудови графічних залежностей на 26,4%. Встановлено, що системна робота з цифровими датчиками підвищує когнітивну мотивацію здобувачів освіти на 17,1%, сприяючи трансформації їх ролі з пасивних спостерігачів на активних дослідників-аналітиків, що володіють навичками роботи з великими даними (Data Science) у природничій сфері. Перспективи подальших досліджень полягають у розробці методичного забезпечення для інтеграції елементів штучного інтелекту в автоматизовану обробку даних польових досліджень та розширенні бази експерименту на інші інтегровані курси природничого циклу.

#### Список використаних джерел

- Бохан Ю. В., Форостовська Т. О. Віртуальний лабораторний практикум як засіб вивчення природничих дисциплін. Наукові записки. Серія : Педагогічні науки. 2021. № 194. С. 74–78. DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2021-1-194-74-78>.
- Федчишин О. М., Мохун С. В. Методичні можливості застосування експериментальних задач для розвитку винахідницької та дослідницької діяльності учнів. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. 2018. Вип. 24 : STEM-інтеграція як важлива передумова управління результативністю та якістю фізичної освіти: С. 84–88. DOI: <https://doi.org/10.32626/2307-4507.2018-24.84-86>.
- Čančer, V., Tominc, P., & Rožman, M. (2025). Measuring Students' Use of Digital Technology to Support Their Studies. *Education Sciences*, 15 (7), 842. <https://doi.org/10.3390/educsci15070842>.
- Chiu, W.-K. (2021). Pedagogy of Emerging Technologies in Chemical Education during the Era of Digitalization and Artificial Intelligence: A Systematic Review. *Education Sciences*, 11 (11), 709. <https://doi.org/10.3390/educsci11110709>.
- Díaz, M. J., Álvarez-Gallego, C. J., Caro, I., & Portela, J. R. (2023). Incorporating Augmented Reality Tools into an Educational Pilot Plant of Chemical Engineering. *Education Sciences*, 13 (1), 84. <https://doi.org/10.3390/educsci13010084>.
- Fuentes, Roger Paul & LaBad, Ryann. (2025). Impact of Digital Learning Tools on Student Engagement and Academic Achievement in Higher Education: A Systematic Review. 01. 53-73. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16430142>.
- Meronda, Devi & Widarti, Hayuni & Yahmin, Yahmin. (2025). Virtual Laboratories in Science Education: A Systematic Review of Effectiveness on Conceptual Understanding and Learning Outcomes. *Jurnal Pendidikan MIPA*. 26. 2020-2042. <https://doi.org/10.23960/jpmipa.v26i3.pp2020-2042>.

#### References

- Bokhan, Yu. V., & Forostovska, T. O. (2021). Virtual laboratory practicum as a means of studying natural sciences. *Scientific Notes. Series: Pedagogical Sciences*, 194, 74–78. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2021-1-194-74-78>
- Čančer, V., Tominc, P., & Rožman, M. (2025). Measuring students' use of digital technology to support their studies. *Education Sciences*, 15 (7), 842. <https://doi.org/10.3390/educsci15070842>
- Chiu, W.-K. (2021). Pedagogy of emerging technologies in chemical education during the era of digitalization and artificial intelligence: A systematic review. *Education Sciences*, 11 (11), 709. <https://doi.org/10.3390/educsci11110709>
- Díaz, M. J., Álvarez-Gallego, C. J., Caro, I., & Portela, J. R. (2023). Incorporating augmented reality tools into an educational pilot plant of chemical engineering. *Education Sciences*, 13 (1), 84. <https://doi.org/10.3390/educsci13010084>

- Fedchyshyn, O. M., & Mokhun, S. V. (2018). Methodological possibilities of using experimental tasks for developing students' inventive and research activities. *Collection of Scientific Papers of Kamianets-Podilskyi Ivan Ohienko National University. Pedagogical Series*, 24, 84–88. <https://doi.org/10.32626/2307-4507.2018-24.84-86>
- Fuentes, R. P., & LaBad, R. (2025). *Impact of digital learning tools on student engagement and academic achievement in higher education: A systematic review*. 01, 53–73. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16430142>
- Meronda, D., Widarti, H., & Yahmin. (2025). Virtual laboratories in science education: A systematic review of effectiveness on conceptual understanding and learning outcomes. *Journal of Mathematics and Science Education (Jurnal Pendidikan MIPA)*, 26, 2020–2042. <https://doi.org/10.23960/jpmipa.v26i3.pp2020-2042>

**Відомості про авторів:****Дюжикова Тетяна Миколаївна**

dyuzhikova1970@gmail.com

Мелітопольський державний педагогічний  
університет імені Богдана Хмельницького  
вулиця Наукове Містечко, 59, Запоріжжя  
Запорізька обл., 69000, Україна

**Четвертак Тетяна Юріївна**

shafranskaja@ukr.net

Мелітопольський державний педагогічний  
університет імені Богдана Хмельницького  
вулиця Наукове Містечко, 59, Запоріжжя  
Запорізька обл., 69000, Україна

*Матеріал надійшов до редакції 12. 02. 2026 р.**Прийнято до друку 12. 03. 2026 р.***Information about the authors:****Diuzhykova Tetiana Mykolaivna**

dyuzhikova1970@gmail.com

Bogdan Khmelnytsky Melitopol State  
Pedagogical University  
Scientific Town, Street 59, Zaporizhzhia  
Zaporizhzhia region, 69000, Ukraine

**Chetvertak Tetiana Yuriivna**

shafranskaja@ukr.net

Bogdan Khmelnytsky Melitopol State  
Pedagogical University  
Scientific Town, Street 59, Zaporizhzhia  
Zaporizhzhia region, 69000, Ukraine

*Received at the editorial office 12. 02. 2026.**Accepted for publishing 12. 03. 2026.*