

ВІРТУАЛЬНІ ЛАБОРАТОРІЇ ТА РЕАЛЬНІ ПРАКТИКУМИ: СИНЕРГІЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ STEM-ОСВІТИ У ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ

VIRTUAL LABORATORIES AND REAL WORKSHOPS: SYNERGY FOR IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF STEM EDUCATION IN TRAINING FUTURE PROFESSIONALS

УДК 53-021.131-028.77: 378.018.43
DOI <https://doi.org/10.32782/lp/89.62>
Стаття поширюється на умовах
ліцензії CC BY 4.0

Лячук Д.В.,
orcid.org/0009-0009-8055-3716
аспірант кафедри фізики та методики
її навчання
Тернопільського національного
педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка

Федчишин О.М.,
orcid.org/0000-0003-3050-3584
канд. пед. наук,
доцент кафедри фізики та методики
її навчання
Тернопільського національного
педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка

Сучасна STEM-освіта активно трансформується під впливом цифровізації, появи нових інструментів моделювання та інтерактивних симуляцій. Віртуальні лабораторії, VR/AR-платформи, цифрові датчики та онлайн-симулятори дедалі частіше застосовують у закладах освіти для забезпечення доступу до експерименту, що раніше був обмежений матеріальними чи безпековими чинниками. Водночас реальний лабораторний практикум продовжує залишатися ключовим компонентом професійної підготовки, оскільки формує практичні вміння, точність, технологічну культуру та навички роботи з обладнанням.

У статті здійснено комплексне дослідження можливостей інтеграції віртуальних лабораторій і реальних практикумів у підготовці майбутніх фахівців фізико-математичного, природничо-технічного та інженерного профілю. На основі аналізу сучасних тенденцій STEM-освіти доведено, що поєднання фізичного та цифрового експерименту не лише розширює інструментарій навчальної діяльності, а й створює нові умови для формування цілісної системи професійних компетентностей здобувачів освіти. У роботі обґрунтовано педагогічний потенціал синергії реальних і віртуальних лабораторних практик, який проявляється у розвитку дослідницького мислення, навичок технічного моделювання, конструктивного аналізу, цифрової грамотності та здатності до інженерного проектування. Проаналізовано невирішені аспекти використання змішаних лабораторій у професійній підготовці: відсутність методично виражених моделей інтеграції цифрових симуляцій та практикумів; недостатнє дослідження впливу їх поєднання на розвиток ключових компонентів STEM-компетентностей; нерівномірність готовності викладачів до впровадження цифрових інструментів; технічні та організаційні виклики під час комбінування двох форматів експерименту. На основі цього окреслено методичні умови, що забезпечують ефективність змішаного лабораторного навчання: поетапність, узгодженість цілей, логічне структурування діяльності, оптимальне розподілення ролей між видами експерименту, забезпечення педагогічної підтримки та рефлексії студентів. Зазначено, що синергія віртуальних і реальних лабораторій є перспективним напрямом модернізації сучасної STEM-освіти, оскільки сприяє гнучкому, безпечному та науково обґрунтованому формуванню професійних якостей майбутніх фахівців.

Ключові слова: STEM-освіта, віртуальні лабораторії, реальні практикуми, циф-

рові інструменти, підготовка здобувачів освіти.

The article presents a comprehensive study of the possibilities of integrating virtual laboratories and real workshops in the training of future specialists in physics, mathematics, natural sciences, technology, and engineering. Based on an analysis of current trends in STEM education, it has been proven that combining physical and digital experiments not only expands the range of teaching tools, but also creates new conditions for the formation of a comprehensive system of professional competencies for students. The paper substantiates the pedagogical potential of the synergy between real and virtual laboratory practices, which manifests itself in the development of research thinking, technical modeling skills, constructive analysis, digital literacy, and engineering design capabilities. Unsolved aspects of the use of blended laboratories in professional training were analyzed: the lack of methodologically sound models for integrating digital simulations and practical workshops; insufficient research on the impact of their combination on the development of key components of STEM competencies; uneven readiness of teachers to implement digital tools; technical and organizational challenges when combining two formats of experimentation. Based on this, methodological conditions are outlined that ensure the effectiveness of blended laboratory training: a step-by-step approach, consistency of goals, logical structuring of activities, optimal distribution of roles between types of experiments, provision of pedagogical support and student reflection. It is noted that the synergy of virtual and real laboratories is a promising direction for the modernization of contemporary STEM education, as it contributes to the flexible, safe, and scientifically sound formation of the professional qualities of future specialists.

Key words: STEM education, virtual laboratories, real workshops, digital tools, training for students.

Постановка проблеми. Сучасна STEM-освіта висуває до закладів вищої та фахової передвищої освіти нові вимоги, пов'язані з необхідністю формування в майбутніх фахівців розвинених дослідницьких, інженерних, аналітичних та технологічних компетентностей. Одним із ключових інструментів цього процесу є лабораторна діяльність, яка традиційно ґрунтувалася на проведенні реальних експериментів. Проте, стрімкий розвиток цифрових технологій, поява високоточних симуляцій, віртуальних і доповнених лабораторій актуалізували питання пошуку оптимальних моделей поєднання фізичного та цифрового експерименту.

Попри очевидні переваги кожного з підходів – практична спрямованість і формування дослідницьких навичок у реальних практикумах та можливість моделювати складні, небезпечні або ресурсомісткі процеси у віртуальному середовищі – освітня практика досі характеризується фрагментарністю їх застосування. Відсутність науково обґрунтованих методичних моделей інтеграції двох типів лабораторної діяльності знижує ефективність формування STEM-компетентностей та обмежує потенціал студентів у розвитку дослідницького мислення й технологічної грамотності.

Таким чином, виникає суперечність між зростаючими вимогами до підготовки майбутніх фахівців природничо-технічного профілю та недостатньою розробленістю методичних засад синергії віртуальних лабораторій і реальних практикумів. Це зумовлює потребу у ґрунтовному дослідженні педагогічних можливостей їх поєднання, визначенні умов, що забезпечують підвищення ефективності навчального процесу, та розробленні цілісних підходів до формування конкурентоспроможних STEM-фахівців.

Синхронне використання цифрового й фізичного експерименту відкриває нові можливості для підготовки фахівців, проте потребує методичного осмислення та педагогічного обґрунтування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз наукової, навчально-методичної літератури, дисертаційних досліджень з теорії та методики навчання фізики свідчить, що застосування інформаційно-цифрових технологій в освітньому процесі розглядалося українськими та зарубіжними науковцями різнопланово [2, 3, 6]. Так, у роботах В. Бикова, О. Бондаренко, А. Гуржії, Ю. Жука, В. Заболотного, О. Іваницького, В. Сергієнка, О. Шестопала, М. Шута представлено теоретичні та методологічні основи, психолого-педагогічні проблеми та можливості застосування інформаційно-комунікаційних технологій, обґрунтовано доцільність впровадження в систему освіти методів та засобів ІКТ; визначено основні складові освітнього процесу [1, 3, 4]. Організацію навчальної діяльності та проектування інформаційно-освітнього середовища висвітлювали Ю. Жук, О. Іваницький, О. Соколюк, С. Стечик; використання комп'ютерів у самостійній роботі з фізики – Ю. Рева, Ю. Жук; формування інформаційної компетентності учнів на уроках фізики – Л. Карпова, О. Лісович, О. Пінчук, В. Шарко; використання інформаційних технологій в шкільному навчальному експерименті – С. Величко, Л. Наконечна, Ю. Оришин, Н. Сосницька та ін.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри активне впровадження віртуальних лабораторій, низка аспектів їх поєднання з реальними практикумами залишається недостатньо вивченою: відсутність чітких

методичних моделей інтеграції двох форматів експерименту; невизначеність оптимального балансу між віртуальним і реальним експериментом у STEM-дисциплінах; недостатня розробленість критеріїв оцінювання ефективності змішаних лабораторних курсів; недостатня увага до формування у здобувачів освіти умінь переносити результати цифрового моделювання у реальні дослідження; потреба у вивченні впливу VR/AR-технологій на розвиток дослідницької та проєктної діяльності; відсутність узагальнених методичних рекомендацій для викладачів.

Мета статті – теоретично обґрунтувати та методично проаналізувати можливості інтеграції віртуальних лабораторій і реальних практикумів у підготовці майбутніх фахівців, визначити педагогічні умови, моделі та переваги їх синергійного застосування для підвищення ефективності STEM-освіти.

Виклад основного матеріалу. Віртуальні лабораторії – це інтерактивні цифрові середовища, що моделюють природничі процеси з високою точністю та дозволяють здійснювати експеримент у безпечному, керованому й доступному форматі.

Застосування віртуальних лабораторій в освітньому процесі має низку переваг, серед яких: можливість багаторазового повторення експерименту без витрат матеріалів; миттєва зміна параметрів моделі; відображення складних мікро- та макропроцесів, недоступних для спостереження в реальних умовах; висока безпека виконання ризикованих операцій; доступність використання під час у дистанційного чи змішаного формату навчання.

Особливо важливим є те, що віртуальні лабораторії створюють умови для розвитку навичок аналізу даних, математичного моделювання, побудови гіпотез та їх перевірки.

Зазначимо, що реальні лабораторні роботи забезпечують: розвиток моторних навичок та технологічної культури; уміння роботи з вимірювальними приладами та обладнанням; практичне закріплення теоретичних знань; формування відповідальності, точності та безпечної поведінки у лабораторії; здатність працювати в команді.

Те, що здбувачі освіти можуть відчуті матеріальність процесів, робить реальний практикум незамінним для професійної підготовки техніків, інженерів та природничиків.

Поєднання двох форм дає кращі результати, ніж використання кожної окремо. Синергія забезпечує:

- глибше розуміння процесів через використання моделей і практичного досліджу;
- можливість переходу від ідеалізованої моделі до «реального» непередбачуваного результату;
- підвищення точності виконання реального експерименту після відпрацювання алгоритму у віртуальному середовищі;

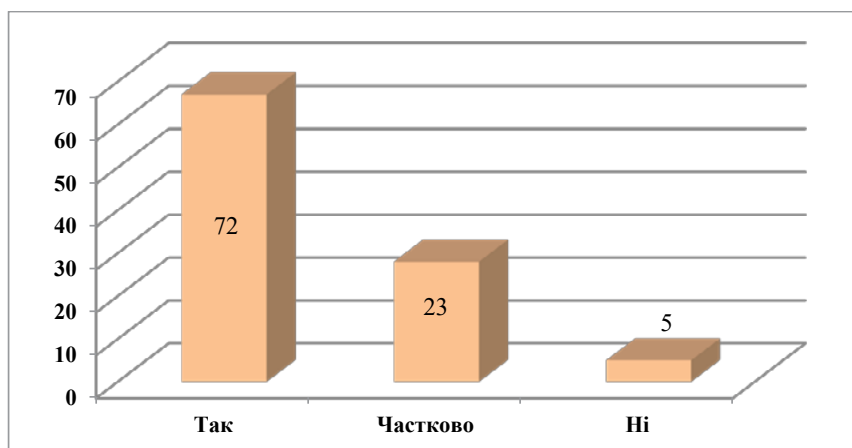


Рис. 1. Розподіл відповідей на запитання

– формування комплексних STEM-компетентностей: інженерного мислення, системного аналізу, дослідницьких навичок;

– підвищення мотивації та інтересу до експериментальної діяльності.

Ефективне поєднання віртуальних і реальних лабораторій можливе за дотримання таких умов:

1. Методичне планування змішаного експерименту, що передбачає визначення етапів, де доцільніше використовувати цифрові моделі, а де – реальні досліди; розробку модульної структури курсу.

2. Підготовленість викладача, яка включає компетентність у роботі з цифровими платформами; розуміння педагогічних функцій кожного типу експерименту; уміння створювати завдання, що стимулюють дослідницьку активність. Зазначимо, що цифрова компетентність майбутнього фахівця передбачає: володіння цифровими лабораторіями, симуляторами, онлайн-платформами; уміння інтегрувати віртуальний експеримент у структуру уроку; здатність критично оцінювати якість цифрових ресурсів; дотримання принципів академічної доброчесності у цифровому середовищі [2, 5].

3. Дотримання норм академічної доброчесності: формування у здобувачів освіти відповідальності при використанні автоматизованих систем вимірювання та моделювання.

4. Індивідуалізація навчання: адаптація темпу та складності робіт; можливість повторення віртуальних експериментів для компенсації прогалин.

5. Системне оцінювання результатів змішаного експерименту: аналіз здатності здобувачів освіти переносити знання з цифрової моделі до реальної ситуації.

Інтеграцію віртуальних і реальних лабораторій доцільно проводити у кілька етапів: на першому – здобувачі освіти працюють у віртуальному середовищі, знайомляться з алгоритмом досліду, параметрами, ризиками; на другому – вони виконують практичну роботу, застосовуючи здобуті віртуально

знання. Завешальний етап – це етап аналітики, на якому порівнюються результати цифрової моделі та реального досліду; проводиться рефлексія; корекція гіпотез.

Опитування здобувачів освіти Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка щодо ефективності інтеграції реального та віртуального експерименту в освітньому процесі показало, 72 % здобувачів освіти дали ствердну відповідь (рис. 1).

Така інтеграційна модель забезпечує розвиток критичного мислення, наукової рефлексії та глибокого розуміння фізичних процесів, а також позитивно впливає на розвиток інженерного мислення, здатності до проєктування та конструювання, дослідницьких умінь, компетентностей роботи з сучасними технологіями, умінь вирішувати нестандартні технічні задачі, тощо.

Це особливо важливо в контексті підготовки педагогів професійної освіти, які мають бути здатними адаптувати STEM-підходи до навчання дорослих і молоді.

Висновки. Інтеграція віртуальних лабораторій і реальних практикумів є перспективним напрямом розвитку сучасної STEM-освіти, що здатний значно підвищити якість підготовки майбутніх фахівців. Синергія двох форматів забезпечує збалансований розвиток як теоретико-аналітичних, так і практичних умінь, формує дослідницьку автономність, інженерні навички та технологічну культуру студентів. Запропоновані педагогічні умови та модель інтеграції можуть бути основою для створення ефективних змішаних лабораторних курсів у закладах освіти.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на створення індивідуалізованих навчальних траєкторій, де співвідношення між віртуальним і реальним експериментом визначатиметься рівнем підготовленості студента, метою курсу та специфікою професійної діяльності; перспективним напрямом є вдосконалення віртуальних

лабораторій за рахунок штучного інтелекту, VR/AR-технологій, хмарних симуляторів, що забезпечить більш реалістичний, інтерактивний і безпечний формат експериментальної роботи тощо.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Биков В. Ю. Інформатизація загальноосвітньої та професійно-технічної школи України: концептуальні засади та пріоритетні напрямки. *Професійна освіта: педагогіка та психологія*. Україно-польський журнал. Вид. IV. Вид-во Вищої педагогічної школи у Ченстохові. Ченстохова. 2003. С. 501–515.
2. Лящук Д. В., Федчишин О. М., Лящук З. Д. Педагогічні умови ефективної підготовки майбутніх учителів фізики до проведення віртуальних експериментів. The driving force of science and trends in its development: collection of scientific papers «SCIENTIA» with Proceedings of the IX International Scientific and Theoretical Conference, October 17, 2025. London, England, United Kingdom: International Center of Scientific Research. P. 200–204. DOI: 10.36074/scientia-17.10.2025/
3. Подласов, С. О., Матвійчук, О. В. Особливості проведення лабораторних робіт з фізики в технічному університеті під час дистанційного навчання. *ITLT*. 2023. 93 (1), С. 152–162. Вилучено з: <https://surl.li/cdxwaaq>
4. Федчишин О., Мохун С., Чопик П. Віртуальний фізичний експеримент як засіб удосконалення фахових компетентностей здобувачів освіти в умовах дистанційного навчання. *Фізико-математична освіта*. 2023. Том 38. № 2. С. 50–55. DOI: 10.31110/2413-1571-2023-038-2-008.
5. Федчишин О. М. Діяльність вчителя на уроках фізики з використанням інформаційних технологій та засобів навчання. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи* : тези доп. міжн. наук.-практ. Інтернет-конф. (м. Тернопіль, 9–10 листопада, 2017). Тернопіль: 2017. С. 244–248.
6. Hasan, R. B., Aziz F. B., Mutaleb H.A., & Umar Z. Virtual reality as an industrial training tool: a review. *Journal of Advanced Reviewon Scientific Research*. 2017. 29(1), P. 20–26.

Дата першого надходження рукопису до видання: 17.11.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 30.12.2025

Дата публікації: 30.12.2025