

Міністерство освіти і науки України
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка
Фізико-математичний факультет
Кафедра фізики

Кваліфікаційна робота
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

з теми

**«ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ
ІНТЕРАКТИВНИХ ЗАСОБІВ В ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ В ЗЗСО»**

Виконав: здобувач вищої освіти
освітньої програми Середня освіта (Фізика,
інформатика)
спеціальності 014 Середня освіта (за
предметними спеціальностями)
предметної спеціальності 014.08 Середня освіта
(Фізика та астрономія)
денної форми здобуття вищої освіти
Чубукін Олександр Володимирович

Керівник: Поведа Р.А., кандидат фізико-
математичних наук, доцент, доцент кафедри
фізики

Рецензент: Моцик Р.В., кандидат педагогічних
наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних
наук

Кам'янець-Подільський, 2025 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
Розділ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ІНТЕРАКТИВНИХ ЗАСОБІВ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ В ЗЗСО	7
1.1. Поняття та класифікація віртуальних інтерактивних засобів навчання	7
1.2. Дидактичні можливості віртуальних інтерактивних засобів у навчанні фізики	10
1.3. Психолого-педагогічні основи використання віртуального середовища в освітньому процесі	14
Розділ 2. МЕТОДИКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ІНТЕРАКТИВНИХ ЗАСОБІВ З ФІЗИКИ	19
2.1. Організація навчального процесу з фізики в умовах використання віртуальних інтерактивних засобів	20
2.2. Методи та форми роботи з учнями при використанні віртуальних лабораторій і симуляцій	23
2.3. Методика поєднання реального та віртуального експерименту в курсі шкільної фізики	30
2.4. Організація контролю й оцінювання навчальних досягнень учнів за умов використання віртуальних інтерактивних засобів	35
Розділ 3. ПРАКТИКА ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ІНТЕРАКТИВНИХ ЗАСОБІВ У НАВЧАННІ ФІЗИКИ В ЗЗСО	40
3.1. Розробка та апробація фрагментів уроків фізики з використанням віртуальних інтерактивних засобів	40
3.4. Оцінка ефективності використання віртуальних інтерактивних засобів у процесі вивчення окремих розділів шкільного курсу фізики	47
3.2. Рекомендації щодо впровадження віртуальних інтерактивних засобів у практику викладання фізики в гімназіях і ліцєях	51
ВИСНОВКИ	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	56

ВСТУП

Сучасний етап розвитку освіти в Україні характеризується інтенсивною цифровою трансформацією, що зумовлена як глобальними тенденціями інформатизації суспільства, так і внутрішніми потребами реформування загальної середньої освіти відповідно до концепції Нової української школи [7]. Фізика як базовий природничий предмет опиняється в центрі цих змін, адже саме вона потребує поєднання теоретичного матеріалу з повноцінним навчальним експериментом, моделюванням явищ, формуванням дослідницьких умінь учнів. У реальних умовах ЗЗСО ця вимога часто стикається з низкою об'єктивних обмежень: недостатньою матеріально-технічною базою кабінетів фізики, обмеженням часом на експеримент, потребою організовувати дистанційне або змішане навчання, а також вимогами до безпеки навчального процесу.

Саме в цьому контексті особливої ваги набуває проблема використання сучасних віртуальних інтерактивних засобів у процесі вивчення фізики. До таких засобів належать віртуальні лабораторії, комп'ютерні симуляції фізичних процесів, цифрові вимірювальні комплекси, інтерактивні тренажери, онлайнові платформи віртуального експерименту, а також мобільні застосунки, що використовують вбудовані датчики. Вони дозволяють відтворювати досліди, які є небезпечними, дорогими або технічно складними для виконання в шкільному кабінеті, розширювати діапазон досліджуваних параметрів, робити невидимі процеси наочними й доступними для вивчення. Водночас механічне перенесення цих засобів у навчальний процес не гарантує підвищення якості освіти: потрібне продумане методико-організаційне забезпечення, поєднання їх із традиційним експериментом, чітке розуміння їхніх дидактичних можливостей та обмежень. Усе це зумовлює актуальність обраної теми курсової роботи.

Проблема використання віртуальних інтерактивних засобів у навчанні фізики вже стала предметом уваги низки українських дослідників. *Н. Дементієвська та О. Соколюк* розглядають віртуальні лабораторні роботи як

інструмент організації дослідницької діяльності учнів, акцентуючи увагу на структурі завдань, системі запитань для рефлексії та можливостях формувального оцінювання [5]. *С. Литвинова* аналізує комп'ютерне моделювання та хмаро орієнтовані навчальні середовища як основу цифрової інфраструктури сучасної школи та засіб формування інформаційно-цифрової компетентності учнів і вчителів [9-11]. *А. Юрченко* приділяє увагу цифровим фізичним лабораторіям у підготовці майбутніх учителів, підкреслюючи їхній вплив на якість навчального експерименту та формування професійних умінь [36; 37]. *М. Чернова* зосереджується на впровадженні новітніх технологій у практику проведення лабораторних робіт із фізики, зокрема на співвідношенні реальних та віртуальних експериментів [34]. *О. Слободяник* розкриває потенціал комп'ютерних моделей у розвитку дослідницької діяльності та індивідуалізації навчання [29]. *Р. Повода* описує досвід використання програм моделювання й прикладних програмних продуктів у курсах фізики та електроніки, що по суті є різновидом віртуальних інтерактивних середовищ [21; 23]. Попри значну кількість праць, присвячених упровадженню ІКТ у навчання фізики, низка аспектів проблеми залишається недостатньо дослідженою, особливо в контексті ЗЗСО.

Актуальність дослідження зумовлена, з одного боку, об'єктивною потребою сучасної школи в інструментах, які дозволяють забезпечити якісний навчальний експеримент з фізики в умовах цифровізації, обмежених ресурсів та зростання вимог до безпеки, а з іншого – наявністю суперечності між потенційними можливостями віртуальних інтерактивних засобів та недостатньою розробленістю методико-організаційних основ їх використання в навчальному процесі ЗЗСО.

Об'єкт дослідження – процес навчання фізики учнів закладів загальної середньої освіти в умовах цифровізації освітнього середовища.

Предмет дослідження – особливості, методичні умови та форми використання віртуальних інтерактивних засобів у процесі вивчення фізики в закладах загальної середньої освіти.

Мета дослідження полягає в теоретичному обґрунтуванні та методичному аналізі особливостей використання віртуальних інтерактивних засобів у процесі вивчення фізики в закладах загальної середньої освіти з метою активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів і підвищення якості засвоєння навчального матеріалу.

Відповідно до поставленої мети у роботі передбачається розв'язати такі завдання:

- здійснити теоретичний аналіз науково-педагогічних джерел з проблеми використання віртуальних інтерактивних засобів у навчанні фізики та узагальнити підходи сучасних дослідників до їх класифікації й дидактичного потенціалу;
- уточнити зміст поняття «віртуальні інтерактивні засоби навчання фізики» у контексті ЗЗСО, запропонувати класифікацію сучасних засобів;
- визначити й обґрунтувати методико-організаційні умови ефективного використання віртуальних інтерактивних засобів у процесі вивчення фізики;
- розробити та описати фрагменти уроків фізики з використанням віртуальних інтерактивних засобів для учнів ЗЗСО, спрямованих на активізацію їх навчально-пізнавальної діяльності;
- на основі аналізу отриманих результатів (спостережень, відгуків учнів, навчальних досягнень) оцінити ефективність запропонованих підходів та сформулювати рекомендації для вчителів фізики щодо впровадження віртуальних інтерактивних засобів у практику навчання.

Під час виконання роботи використано такі **методи дослідження**: аналіз, порівняння, узагальнення та систематизація психолого-педагогічної, методичної та науково-технічної літератури з проблеми використання віртуальних інтерактивних засобів у навчанні фізики; логіко-змістовий аналіз чинних навчальних програм, що дало змогу уточнити понятійний апарат дослідження, визначити місце віртуальних інтерактивних засобів у сучасному освітньому процесі ЗЗСО та обґрунтувати запропоновану класифікацію цих засобів; педагогічне спостереження за навчальним процесом під час уроків

фізики з використанням та без використання віртуальних інтерактивних засобів з метою виявлення особливостей навчально-пізнавальної діяльності учнів; бесіди й опитування учнів і вчителів для з'ясування ставлення до віртуальних лабораторій, симуляцій та інших цифрових інструментів, виявлення труднощів і переваг їх застосування; аналіз зошитів учнів, виконаних лабораторних робіт, результатів інтерактивних тестів.

Новизна курсової роботи полягає в тому, що в ній:

- уточнено та конкретизовано зміст поняття «віртуальні інтерактивні засоби навчання фізики» з урахуванням реалій і потреб сучасного ЗЗСО;
- запропоновано й обґрунтовано класифікацію віртуальних інтерактивних засобів, адаптовану до структури шкільного курсу фізики та можливостей сучасного освітнього середовища;
- визначено сукупність методико-організаційних умов, за яких використання віртуальних інтерактивних засобів сприяє активізації навчально-пізнавальної діяльності учнів, формуванню в них дослідницьких умінь і підвищенню рівня засвоєння фізичних знань;
- розроблено й описано практичні приклади використання віртуальних інтерактивних засобів (фрагменти уроків, варіанти віртуальних лабораторних робіт) у навчанні фізики, що можуть бути безпосередньо застосовані вчителем у шкільній практиці.

Практична цінність роботи полягає в тому, що її результати можуть бути використані вчителями фізики ЗЗСО для планування та проведення уроків із залученням віртуальних інтерактивних засобів, організації віртуальних лабораторних та практичних робіт, створення змішаних форм навчального експерименту (поєднання реального й віртуального досліджу).

Структура роботи: робота складається з вступу, змісту, трьох розділів і списку використаних джерел, що налічує 42 джерела. Робота містить 2 таблиці, одну схему та 1 рисунок. Кількість сторінок 60.

Розділ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ІНТЕРАКТИВНИХ ЗАСОБІВ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ В ЗЗСО

1.1. Поняття та класифікація віртуальних інтерактивних засобів навчання

У сучасній методиці навчання фізики поняття віртуальних інтерактивних засобів набуває особливої ваги, оскільки саме вони дозволяють поєднати експериментальну природу предмета з можливостями цифрового освітнього середовища. Для ЗЗСО ці засоби важливі не лише як технічна альтернатива нестачі обладнання, а як інструмент підсилення дослідницького стилю навчання, розвитку пізнавальної активності та формування предметних і ключових компетентностей.

Під **віртуальними інтерактивними засобами навчання (ВІЗН)** доцільно розуміти цифрові ресурси й програмні середовища, які забезпечують активну взаємодію учня з навчальним змістом через моделювання, керування параметрами, виконання віртуальних дій, отримання оперативного зворотного зв'язку та можливість багаторазового відтворення навчальної ситуації. На відміну від статичних електронних матеріалів (текстів, презентацій, відео), ВІЗН змінюють роль учня: він не лише спостерігає, а впливає на перебіг експерименту або навчального процесу. Для фізики це принципово, адже предмет спирається на дослід, вимірювання, аналіз взаємозв'язків між величинами. У цифровому форматі учень отримує можливість швидко змінювати умови, фіксувати результати, будувати графіки, порівнювати моделі та формулювати висновки в рамках безпечного й керованого середовища [24].

Складовими ознаками віртуальних інтерактивних засобів можна вважати:

- віртуальність як моделювання реального або теоретичного процесу без обов'язкової фізичної матеріальної установки;
- інтерактивність як наявність дій користувача, що змінюють стан моделі або структуру навчального завдання;
- оперативний зворотний зв'язок (візуальний, числовий, графічний, текстовий), який дозволяє учневі коригувати свої дії;

ВИСНОВКИ

У курсовій роботі проаналізовано, як віртуальні інтерактивні засоби можна ефективно використовувати під час вивчення фізики в закладах загальної середньої освіти. Уточнено, що до таких засобів належать віртуальні лабораторні роботи, комп'ютерні симуляції, інтерактивні тренажери, онлайн-тести та освітні платформи. Показано, що вони підсилюють наочність, дозволяють моделювати складні або недоступні для шкільної лабораторії процеси, розширюють можливості індивідуальної та диференційованої роботи з учнями.

На основі психолого-педагогічних підходів зроблено висновок, що результативність використання віртуальних засобів пов'язана не з самою наявністю комп'ютера чи симуляції, а з тим, як учитель організовує діяльність учнів. Віртуальне середовище сприяє формуванню пізнавальної активності, внутрішньої мотивації, умінь самостійно планувати роботу й оцінювати її результати. Водночас виявлено суперечності між потенціалом таких засобів і реальним станом шкільної практики: вони часто використовуються епізодично, бракує методичних матеріалів і підготовки вчителів до системного впровадження.

Розроблено методичні підходи до організації навчання фізики з використанням віртуальних інтерактивних засобів: визначено доцільні форми роботи (фронтальна, групова, індивідуальна, проєктна), окреслено способи поєднання реального та віртуального експерименту, запропоновано підходи до формувального оцінювання на основі результатів роботи учнів у віртуальному середовищі. У практичній частині створено й апробовано фрагменти уроків з різних розділів курсу фізики, які підвищують зацікавленості учнів, сприяють розумінню абстрактних понять і розвивають експериментальні вміння.

Отже, віртуальні інтерактивні засоби за умови продуманого, системного використання можуть стати важливим інструментом оновлення шкільного курсу фізики, посилення його практичної та дослідницької спрямованості. Перспективи подальшої роботи пов'язані з поглибленим вивченням їхнього впливу на мотивацію учнів, розробкою моделей змішаного навчання в умовах викликів воєнного часу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Величко Л. П. Про особливості використання програмно-методичного комплексу хмаро орієнтованих засобів у підготовці майбутніх учителів фізики. Хмаро орієнтовані освітні середовища у навчанні фізики та інформатики : колективна монографія. Кропивницький : ПП «Ексклюзив-Систем», 2018. С. 8–10.
2. Войтків Г. В. Цифровий фізичний експеримент як засіб реалізації вимог сучасної освіти // Збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції «Освіта, виховання та навчання: вітчизняний та міжнародний досвід». К., 2021., с. 55-58 с.
3. Грицай Я. Г. Стан цифрового освітнього середовища закладів загальної середньої освіти. Імідж сучасного педагога. 2024. № 4(217). С. 37–41. URL:www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe
4. Демедюк Р., Миронов А. Використання інтерактивних симуляцій для активізації пізнавальної діяльності старшокласників на уроках фізики. Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ. 2025. № 15. С. 162–173.
5. Дементієвська Н. П., Соколюк О. М. Віртуальні лабораторні роботи з фізики з використанням інтерактивних комп'ютерних моделювань : збірник навчальних матеріалів. Київ : ІЦО НАПН України, 2022. 157 с.<https://surl.li/oymjxxf>
6. Дятлов Ю. В. Віртуальний лабораторний практикум з фізики : навч.-метод. посіб. Чернігів : НУЧК ім. Т. Г. Шевченка, 2023. URL:<https://epub.chnpu.edu.ua/jspui/handle/123456789/9587>
7. Концепція реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» на період до 2029 року : схвалена розпорядженням КМУ від 14.12.2016 № 988-р. Офіційний вісник України. 2017. № 1. URL:<https://imzo.gov.ua/osvita/nush/>
8. Кух А. М., Кух О. М. Віртуальні цифрові середовища у постановці дистанційного навчального експерименту з фізики. Наукові записки

Кам'янець-Подільського національного університету ім. І. Огієнка. Серія: Педагогічна. 2022. Вип. 28. С. 112–118. URL:<http://ped-series.kpnu.edu.ua/article/view/281139>

9. Литвинова С. Г. Методика проектування хмаро орієнтованого навчального середовища загальноосвітнього навчального закладу на рівні вчителя-предметника. Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної та технологічної освіти. 2015. Вип. 7(1). С. 48–54. URL:http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe
10. Литвинова С. Г. Система комп'ютерного моделювання об'єктів і процесів та особливості її використання в навчальному процесі закладів загальної середньої освіти. Інформаційні технології і засоби навчання. 2018. Т. 64, № 2. С. 48–65.
11. Литвинова С. Г. Цифрова трансформація освіти: інструменти сучасного викладача : програма підвищення кваліфікації. Київ : Інститут цифровізації освіти НАПН України, 2020.
12. Ліщинський І. М., Поведа Р. А., Поведа Т. П. Особливості лекцій з фізики з використанням інформаційно-комунікаційних технологій у ЗВО. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія: педагогічна. 2022. Вип. 28. С. 81–85.
13. Мар'єнко М. Методика використання хмаро орієнтованих технологій у навчанні фізики. Фізико-математична освіта. 2021. Вип. 2(28). С. 90–98.
14. Мартинюк О. Перспективи використання хмаро-орієнтованого навчального середовища Google Classroom для контролю рівня знань учнів з фізики. Вісник Бердянського державного педагогічного університету. 2020. Вип. 2. С. 95–101. URL :<https://dspace.bdpu.org.ua/items/2cdd42a9-da2e-4899-af82-c524720429da>
15. Місліцький О. М. Застосування технології інтерактивного навчання під час вивчення курсу «Фізика й астрономія» в старшій школі. Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. 2016. Вип. 145. С. 81–88.

16. Міхно О. П. Значення інтерактивних вправ на уроках фізики в контексті Нової української школи. Педагогічні науки. 2025. Вип. 51. С. 125–131.
17. Назаренко О. С. Віртуальні лабораторні роботи з розділу «Механіка» курсу загальної фізики : магістерська кваліфікаційна робота. Запоріжжя : Запорізький нац. ун-т, 2020.
18. О. В. Овчарук, О. С. Товканець, О. П. Пінчук, І. В. Іванюк, О. О. Гриценчук, і С. В. Трикоз. Організаційно-педагогічні умови використання інформаційно-цифрового середовища закладу загальної середньої освіти. Інформаційні технології і засоби навчання. Том 95, № 3. 2023. с. 41–57. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/5186>
19. Опис рамки цифрової компетентності для громадян України (DigCompUA for Citizens). Міністерство цифрової трансформації України, 2021. URL: <https://thedigital.gov.ua/>(<https://thedigital.gov.ua>
20. Пищаль А. О., Кух А. М., Кух О. М. Цифрові технології в навчанні фізики в школі. Наукові праці Кам'янець-Подільського національного університету ім. І. Огієнка. Серія: Педагогічна. 2022. Вип. 21. С. 302–307. URL: <http://ped-series.kpnu.edu.ua/issue/view/1853>
21. Поведа Р. А., Поведа Т. П. Мультимедійний супровід лекційних занять з фізики в університеті. Збірник наукових праць К-ПНУ ім. І. Огієнка. Серія: педагогічна. 2013. Вип. 19. С. 113–116.
22. Поведа Тетяна, Поведа Руслан. Формування цифрової компетентності майбутнього вчителя фізики в умовах цифровізації освітнього процесу // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. № 30 (2024): Проблеми сучасних науково-освітніх трансформацій у підготовці фахівців природничо-математичного профілю. 138-145. <http://ped-series.kpnu.edu.ua/index> (дата звернення: 14.10.2025 р.)
23. Поведа Тетяна, Поведа Руслан. Використання прикладних програмних продуктів на заняттях з аналогової та цифрової схемотехніки. Наукові

- праці К-ПНУ ім. І. Огієнка (збірник за підсумками звітної наукової конференції). Вип. 22. 2023. С. 677–681.
24. Пометун О. І. Енциклопедія інтерактивного навчання. Київ, 2007. 144 с.
25. Про затвердження Типового переліку засобів навчання та обладнання для навчальних кабінетів і STEM-лабораторій : Наказ МОН України від 29.04.2020 № 574. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0410-20>
26. Савчук-Баловсяк Г. Д. Активізація пізнавальної діяльності учнів на уроках фізики та астрономії : зб. автор. статей. Чернівці : Родовід, 2019. URL: <https://surl.li/1klccj>
27. Савчук-Баловсяк Г. Д. Використання інформаційних технологій та технологій мобільного навчання на уроках фізики та астрономії : методичний кейс. Чернівці : Родовід, 2024.
28. Савчук-Баловсяк Г. Д. Формування інформаційно-цифрової компетентності на уроках фізики та астрономії. Чернівці : Родовід, 2019. URL: <https://surl.li/ilenvt>
29. Слободяник О. В. Використання комп'ютерних моделей під час індивідуальної роботи учнів з фізики. Фізико-математична освіта. 2019. Вип. 2(20). С. 116–123. URL: <https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/publ/2-1-0-575>
30. Слободяник О. В. Комп'ютерні моделі у дослідницькій діяльності учнів з фізики. Фізико-математична освіта. 2018. Вип. 4(18). С. 149–153. URL: <https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/publ/3-1-0-452>
31. Хомутенко М. В. Хмарні технології навчання фізики. Інформаційні технології і засоби навчання. 2019. Т. 71, № 3. С. 211–222.
32. Цифрові освітні технології : дайджест / упоряд.: Коваленко В. В. та ін. ; наук. ред. Гуралюк А.Г. НАПН України, ДНПБ України ім. В. О. Сухомлинського. Електрон. вид. Київ : ФОП Ямчинський О. В., 2025. 178 с.
33. Чернова М. Є. Досвід запровадження новітніх технологій до навчального процесу з фізики. Наукові записки Вінницького державного

- педагогічного університету. Серія: Природничі науки. 2025. № 35. С. 112–118.
34. Чернова М. Є., Гевик В. Б. Віртуальні лабораторні роботи з фізики : посібник-практикум. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2021. 368 с. URL:<https://library.nung.edu.ua/kurs-fiiziki.html>
35. Шинкарьова А. О. Методика експериментальних досліджень з оптики в цифровій лабораторії Vernier : навч.-метод. посіб. Кривий Ріг : КДПУ, 2022. 65 с.
36. Юрченко А. О. Цифрові фізичні лабораторії як актуальний засіб навчання майбутнього вчителя фізики. Фізико-математична освіта. 2015. № 1(4). С. 55–63.
37. Юрченко А. О., Хворостіна Ю. В., Шамоня В. О., Семеніхіна О. В. Цифрові технології у викладанні фізики: аналіз існуючих практик. Фізико-математична освіта. 2023. Т. 38, № 5. С. 53–59. URL:<https://fmo-journal.org/index.php/fmo/article/view/303>
38. Янковська М. М. Активізація пізнавальної діяльності учнів старшої школи засобами інноваційних технологій у процесі навчання фізики. Дидактика: теорія і практика. 2018. Вип. 3. С. 153–162.
39. Lahme S. Z., Klein P., Lehtinen A. та ін. Evaluating digital experimental tasks for physics laboratory courses. PhyDid B – Didactics of Physics. 2023. № 1.
40. PhET Interactive Simulations. University of Colorado Boulder, 2025. [Електр. ресурс]. URL:<https://phet.colorado.edu>(<https://phet.colorado.edu>).
41. Sellberg C., Nazari Z., Solberg M. Virtual Laboratories in STEM Higher Education: A Scoping Review. Nordic Journal of Systematic Reviews in Education. 2024. Vol. 2. P. 58–75.
42. Shakh O. Virtual digital laboratory Vernier as a tool of implementing STEM-education principles in physics lessons. Інформаційно-цифрове освітнє середовище, 2024, № 2, С. 140–149.