

Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка

Фізико-математичний факультет

Кафедра математики, фізики та методик їх навчання

Полуянов Андрій Олександрович

**МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ
КОМП'ЮТЕРНИХ СИМУЛЯТОРІВ У НАВЧАННІ ФІЗИКИ В
ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ**

Спеціальність: 014 Середня освіта (Фізика та астрономія)

Галузь знань: 01 Освіта/Педагогіка

Кваліфікаційна робота
на здобуття освітнього ступеня магістр

Науковий керівник:

_____ М.В.Каленик,

кандидат педагогічних наук,

професор кафедри математики,

фізики та методик їх навчання

«__»_____ 2025 року

Виконавець:

_____ А.О.Полуянов

«__»_____ 2025 року

Суми 2025

Зміст

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ І. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ	
КОМП'ЮТЕРНИХ СИМУЛЯТОРІВ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ З	
ФІЗИКИ У ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ.....	
1.1. Комп'ютерні симулятори у навчальному процесі з фізики	8
1.1.1. Суть та визначення поняття «Комп'ютерний симулятор»	8
1.1.2. Дидактичні функції та роль симуляторів у навчанні фізики	10
1.1.3. Переваги використання комп'ютерних симуляторів у навчальному процесі	12
1.1.4. Недоліки та обмеження використання комп'ютерних симуляторів	14
1.1.5. Класифікація та типи програмного забезпечення для моделювання фізичних процесів.....	16
1.2. Дистанційне навчання як актуальна форма організації сучасного освітнього процесу.....	18
1.2.1. Визначення та сутнісні характеристики дистанційного навчання	19
1.2.2. Переваги дистанційного навчання.....	20
1.2.3. Недоліки та проблемні питання дистанційного навчання	22
1.3. Проблемні питання дистанційної форми навчання. Комп'ютерні симулятори як вихід з цього положення	24
1.3.1. Основні виклики та труднощі організації експериментальної діяльності в умовах ДН	24
1.3.2. Комп'ютерні симулятори як компенсаторний інструмент	26
Висновки до розділу І.....	27

РОЗДІЛ II. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИМУЛЯТОРІВ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ З ФІЗИКИ.....	30
2.1. Методичний аналіз доступних онлайн-платформ та комп'ютерних симуляторів.....	30
2.2. Проведення експериментальних робіт з фізики за допомогою комп'ютерного симулятора «PhET»	32
2.3. Методичні рекомендації щодо використання комп'ютерних симуляторів у навчальному процесі з фізики	38
Висновки до розділу II	40
РОЗДІЛ III. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	43
3.1. Організація і проведення педагогічного експерименту.....	43
3.2. Аналіз результатів педагогічного експерименту.....	45
Висновки до розділу III.....	48
Висновки.....	50
Список літератури.....	53

ВСТУП

Актуальність теми. На сучасному етапі розвитку освіти фізика залишається однією з фундаментальних дисциплін, що формує науковий світогляд та технічну грамотність молоді. Однак вивчення фізики в закладах загальної середньої освіти традиційно супроводжується низкою труднощів, пов'язаних із високим рівнем абстракції теоретичного матеріалу та складністю його візуалізації. Ситуація значно ускладнилася в останні роки через глобальні виклики - пандемію COVID-19 та введення воєнного стану в Україні, що призвело до вимушеного масового переходу на дистанційну форму навчання.

Аналіз педагогічної практики свідчить, що найбільш вразливим місцем дистанційного навчання фізики стала експериментальна складова. Відсутність доступу до шкільних лабораторій, неможливість безпосередньої взаємодії з приладами та проблеми з безпекою домашніх дослідів призвели до формалізації знань учнів і втрати інтересу до предмета. У цьому контексті особливої актуальності набуває пошук ефективних компенсаторних механізмів, здатних забезпечити реалізацію діяльнісного підходу в умовах онлайн-навчання.

Одним із найбільш перспективних шляхів вирішення цієї проблеми є впровадження комп'ютерних симуляторів - інтерактивних програмних засобів, що дозволяють моделювати фізичні процеси у віртуальному середовищі. Використання таких платформ, як PhET Interactive Simulations, дозволяє не лише замінити відсутнє реальне обладнання, а й розширити межі шкільного експерименту, візуалізуючи недоступні для безпосереднього спостереження явища мікро- та макросвіту. Потреба в науковому обґрунтуванні методики використання таких засобів зумовила вибір теми магістерської роботи: «Методичні особливості використання

комп'ютерних симуляторів у навчанні фізики в закладах загальної середньої освіти».

Мета дослідження полягає в теоретичному обґрунтуванні, розробці та експериментальній перевірці методики використання комп'ютерних симуляторів як засобу формування експериментаторських умінь учнів на уроках фізики, зокрема в умовах дистанційного навчання.

Об'єкт дослідження - процес навчання фізики в закладах загальної середньої освіти.

Предмет дослідження - методичні особливості та умови ефективного використання комп'ютерних симуляторів під час вивчення фізики.

Для досягнення мети поставлено такі **завдання дослідження**:

1. Здійснити аналіз науково-методичної літератури для з'ясування сутності поняття «комп'ютерний симулятор» та класифікації наявних програмних засобів.
2. Визначити дидактичні функції, переваги та недоліки використання симуляцій у навчальному процесі.
3. Проаналізувати стан та проблеми організації експериментальної діяльності учнів в умовах дистанційного навчання.
4. Провести методичний аналіз сучасних онлайн-платформ (PhET, Algodoo, Vascak) та обґрунтувати доцільність їх використання.
5. Розробити методичні рекомендації та інструкції до проведення лабораторних робіт з розділу «Електродинаміка» (зокрема, вимірювання ЕРС джерела та індуктивності котушки) з використанням симуляторів.
6. Експериментально перевірити ефективність запропонованої методики.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що розвинуто обґрунтування використання комп'ютерних симуляторів як ефективного компенсаторного засобу навчання фізики в умовах

вимушеного дистанційного навчання. Водночас було удосконалено методику проведення лабораторних робіт з розділу «Електродинаміка» шляхом адаптації віртуального експерименту на платформі PhET до умов самостійної роботи учнів. Також уточнено критерії відбору цифрових інструментів для шкільного курсу фізики та обґрунтовано переваги використання HTML5-симуляцій.

Практичне значення одержаних результатів визначається розробкою та апробацією методики проведення віртуального фізичного експерименту в 11 класі. Зокрема, розроблено та описано методику проведення лабораторних робіт «Вимірювання ЕРС і внутрішнього опору джерела струму» та «Вимірювання індуктивності котушки» з використанням симуляторів. На основі проведеного дослідження сформульовано методичні рекомендації для вчителів щодо організації навчальної діяльності учнів у середовищі PhET Interactive Simulations. Матеріали дослідження можуть бути використані вчителями фізики закладів загальної середньої освіти для організації дистанційного та змішаного навчання.

Апробація результатів дослідження.

Полуянов А.О. Інноваційні підходи до навчання фізики у закладах загальної середньої та вищої освіти. Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики: матеріали XI Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Суми, 14-16 квітня 2025 року / за ред. С. О. Лебединського – Суми: ІПФ НАН України, 2025. – С. 84-85

Полуянов А.О. Дистанційна форма навчання, проблеми та виклики. Комп'ютерні симулятори як вихід з цього положення. Збірник праць студентів фізико-математичного факультету СумДПУ імені А.С.Макаренка. – Суми : Вид-во фізико-математичного факультету СумДПУ імені А.С. Макаренка, 2025. – Випуск 19. (статті) – С. 71-75

Полуянов А.О. Дистанційна форма навчання, проблеми та виклики. Комп'ютерні симулятори як вихід з цього положення. Студентська звітна конференція: Матеріали результатів наукових досліджень молодих науковців. – Суми : Вид-во фізико-математичного факультету СумДПУ імені А.С.Макаренка, 2025. – Випуск 19. (тези) – С. 39-40

Структура роботи. Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків до кожного розділу, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. 56 сторінок, 29 джерел.

РОЗДІЛ І. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИМУЛЯТОРІВ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ З ФІЗИКИ У ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

1.1. Комп'ютерні симулятори у навчальному процесі з фізики

Вивчення фізики в закладах загальної середньої освіти є важливим педагогічним завданням, оскільки ця дисципліна вважається фундаментальною природничою наукою, яка відіграє ключову роль у науково-технологічному розвитку держави. Як зазначає Р.П. Антоніо (Antonio R.P.) [17], фізичне знання формує базу для розуміння навколишнього світу. Специфіка фізики полягає в тому, що вона ґрунтується на спостереженнях, експериментах та глибокому розумінні взаємодії об'єктів, на чому наголошує у своїх працях Мацюк. [6]

Проте традиційні методи навчання часто стикаються із суттєвими труднощами. Абстрактність фізичних понять, складність експериментальних установок та потенційна небезпека деяких дослідів створюють бар'єри для ефективного засвоєння матеріалу. Науковці (Г.М. Брославська, Р.П. Антоніо) підкреслюють, що ці фактори призводять до зниження пізнавального інтересу учнів та ускладнюють розуміння комплексних фізичних концепцій. [1, 17]

У зв'язку з цим сучасні освітні тенденції, особливо в умовах обмеженого фінансування та поширення дистанційних форм навчання, потребують удосконалення методології викладання із залученням цифрових інструментів. Серед них особливої актуальності набувають комп'ютерні симулятори.

1.1.1. Суть та визначення поняття «Комп'ютерний симулятор»

У сучасній педагогічній науці та практиці викладання фізики поняття «комп'ютерний симулятор» набуває дедалі більшої ваги, трансформуючись

із допоміжного засобу в один із ключових інструментів освітнього процесу. У широкому розумінні комп'ютерні симуляції розглядаються як важливий інструмент сучасної педагогіки, що виник у результаті безпрецедентного технологічного стрибка останніх десятиліть. Аналіз науково-методичної літератури свідчить про багатогранність цього терміна, який різні дослідники трактують залежно від контексту використання - як програмний засіб, як процес моделювання або як специфічне навчальне середовище.

Згідно з визначенням М. Торчука, комп'ютерні симулятори - це спеціалізовані програмні засоби мультимедійного навчання, які базуються на сучасних технологіях комп'ютерної графіки та імітаційно-чисельного моделювання. Ключовою характеристикою таких засобів є їхня здатність забезпечувати проведення дослідів без безпосереднього контакту дослідника з реальною експериментальною установкою. Це визначення підкреслює технологічну природу симуляторів, акцентуючи увагу на програмній складовій, що дозволяє відтворювати складні фізичні явища на екрані комп'ютера. [11]

Деяко інший підхід пропонує Г.М. Брославська, яка розглядає комп'ютерну симуляцію не лише як інструмент, а як процес. У її трактуванні це максимально наближена до реальності імітація фізичних процесів, що дозволяє досліджувати їх перебіг у часі. Вона визначає симуляцію як процес створення та використання моделей для імітації фізичних явищ і процесів, що дозволяє учням не просто спостерігати, а й активно взаємодіяти з віртуальним середовищем. Такий підхід розширює розуміння поняття, включаючи в нього діяльнісний компонент учня. [18]

У контексті навчального процесу та науки симуляція є складним, багатокомпонентним поняттям, яке можна визначити кількома взаємопов'язаними способами. По-перше, як імітацію роботи реального процесу або системи з часом, що дозволяє досліджувати динаміку явищ. По-друге, як процес моделювання, що включає розробку моделі реальної чи

уявної системи та проведення експериментів із цією моделлю для перевірки гіпотез. По-третє, як імітацію ситуації, тобто відтворення певної реальної речі або умов, в яких відбувається фізичне явище.

Особливу увагу в методичному аналізі слід приділити розмежуванню понять «симулятор» та «модель», які в педагогічній практиці часто помилково ототожнюють. Як зазначається в дослідженнях, модель - це представлення будь-якого реального об'єкта чи явища за допомогою певної формалізованої мови (математичної, графічної тощо). Натомість симулятор є значно складнішим утворенням: це більш наближений до реальності спосіб представлення об'єкта або процесу, який обов'язково використовує графічні, анімаційні та мультимедійні засоби. Якщо модель може бути статичною схемою або набором рівнянь, то симулятор завжди передбачає динаміку, візуалізацію та інтерактивність.

Узагальнюючи наведені підходи, доцільно сформулювати комплексне визначення, яке буде використовуватися в даній роботі: комп'ютерні симуляції - це імітація або моделювання фізичних явищ у віртуальному просторі, що дає змогу відтворити та зафіксувати результати експериментів, які з певних причин не можуть бути проведені в реальному часі. Такий віртуальний інструмент фактично виступає в ролі інтерактивного тренажера, що імітує експерименти, демонстрації чи процеси. Віртуальні симулятори дозволяють виконувати лабораторні роботи, під час яких отримані дані можуть бути занесені до пам'яті комп'ютера та дистанційно опрацьовані, що перетворює їх на повноцінне середовище для навчального дослідження.

1.1.2. Дидактичні функції та роль симуляторів у навчанні фізики

Інтеграція комп'ютерних симуляцій у навчальний процес з фізики є не просто технічним нововведенням, а потужним засобом модернізації всієї дидактичної системи. Використання таких інструментів забезпечує

фундаментальний перехід від репродуктивного стилю навчання до дослідницького, що відповідає сучасним концепціям активного навчання та конструктивізму. Симулятори відіграють трансформаційну роль у підвищенні рівня розуміння учнів, забезпечуючи інтерактивну візуалізацію та можливість практичного експериментування. Аналіз науково-методичної літератури (Г.М. Брославська, Р.П. Антоніо) дозволяє виокремити три ключові дидактичні функції, які виконують симулятори у фізичній освіті: демонстраційну, дослідницьку та тренувальну. [17, 18]

Демонстраційна функція є базовою і спрямована на забезпечення наочної ілюстрації фізичних процесів. Головна цінність симуляторів тут полягає у можливості демонструвати явища, які складно, небезпечно або неможливо показати в класичних шкільних умовах. Це стосується, наприклад, візуалізації поширення хвиль у різних середовищах, поведінки заряджених частинок у електричних та магнітних полях або процесів ядерного розпаду. Віртуальне середовище робить «невидиме видимим», дозволяючи учням спостерігати за механізмами, прихованими від людського ока в реальному житті.

Дослідницька функція вважається найбільш важливою для реалізації компетентнісного підходу, оскільки дає змогу проводити повноцінні віртуальні експерименти. Робота із симуляторами сприяє формуванню дослідницьких умінь, активізує навчальну, науково-пізнавальну та творчу діяльність учнів. Учні отримують інструментарій для формулювання власних гіпотез та їх негайної перевірки: вони можуть довільно змінювати початкові умови проведення експерименту, варіювати параметри системи та спостерігати результати цих змін у реальному часі.

Тренувальна функція спрямована на формування стійких навичок вирішення експериментальних задач. Симулятори, які імітують реальне лабораторне середовище (наприклад, віртуальні лабораторії з електрики чи оптики), дозволяють учням трансформувати теоретичні знання у практичні

навички експериментальним шляхом. Це створює безпечний простір для спроб і помилок, де учень може відпрацьовувати алгоритми дій перед роботою з реальним обладнанням, при цьому не боятися пошкодити прилади.

Окрім функціонального призначення, використання симуляцій забезпечує низку важливих когнітивних переваг. Зокрема, відбувається покращення концептуального розуміння: дослідження підтверджують, що симуляції допомагають подолати розрив між абстрактними концепціями та їх реальними застосуваннями, візуалізуючи абстрактні об'єкти, такі як атоми чи фотони. Також забезпечується активне навчання та залучення: завдяки інтерактивності та елементам ігрового середовища учні емоційно та інтелектуально залучаються до процесу, що підвищує їхню внутрішню мотивацію. Крім того, симулятори сприяють розвитку навичок вирішення проблем та збільшенню запам'ятовування, оскільки активна участь у процесі моделювання допомагає кодувати інформацію в довгострокову пам'ять через зв'язок абстрактних законів з конкретним віртуальним досвідом.

Таким чином, дидактична роль комп'ютерних симуляторів полягає у створенні високотехнологічного навчального середовища, яке не лише полегшує сприйняття складної інформації, але й формує в учнів компетентності, необхідні для наукового пізнання світу.

1.1.3. Переваги використання комп'ютерних симуляторів у навчальному процесі

Впровадження комп'ютерних симуляторів у систему шкільної фізичної освіти зумовлене не лише технологічним прогресом, а й низкою об'єктивних переваг, які ці засоби демонструють порівняно з традиційними методами навчання. Аналіз наукових праць (М. Торчук, Г.М. Брославська, Р.П. Антоніо) дозволяє стверджувати, що віртуальні моделі є

високоєфективним інструментом, особливо в умовах обмеженого матеріально-технічного забезпечення та дистанційного формату навчання. На основі узагальнення педагогічного досвіду та результатів досліджень можна виділити такі ключові переваги використання комп'ютерних симуляторів: безпека проведення експериментів, економічна ефективність та доступність, візуалізація абстрактних явищ, інтерактивність та варіативність експерименту. [11, 17, 18]

Безпека проведення експериментів є однією з найвагоміших переваг, яка дозволяє уникнути будь-яких ризиків для життя та здоров'я учасників освітнього процесу. Симуляції дають можливість виконувати досліди, які в реальності є небезпечними або забороненими для проведення в шкільних умовах. Це стосується роботи з високовольтними пристроями, радіоактивними матеріалами, токсичними хімічними речовинами або ядерними реакторами. У віртуальному середовищі учень може безпечно помилятися, наприклад, створити коротке замикання, що в реальності призвело б до пошкодження обладнання або травмування, і проаналізувати наслідки своєї помилки без реальної шкоди.

Економічна ефективність та доступність віртуальних лабораторій вирішує проблему матеріального забезпечення шкіл. Вони не потребують закупівлі дорогого обладнання, реактивів чи витратних матеріалів, що є критично важливим фактором для навчальних закладів з обмеженим фінансуванням. Симулятори дозволяють компенсувати відсутність сучасної матеріальної бази та замінити застаріле обладнання, яке може давати значні похибки при вимірюваннях, забезпечуючи учням доступ до ідеальних лабораторних умов.

Візуалізація абстрактних явищ дозволяє моделювати процеси, які важко або неможливо спостерігати безпосередньо у звичайній лабораторії. Це стосується об'єктів мікросвіту (рух молекул, атомна структура, квантові явища) та макросвіту (рух планет), а також явищ, що відбуваються в

екстремальних умовах. Програмні засоби забезпечують «візуалізацію невидимого», наприклад, силове поле, вектори швидкості або потік енергії, що сприяє формуванню правильних фізичних уявлень. Сюди ж відноситься можливість керувати часовими параметрами («масштабування часу»): учні можуть сповільнити миттєві явища для детального аналізу або прискорити повільні процеси, роблячи їх доступними для вивчення в межах одного уроку. [24]

Інтерактивність та варіативність експерименту забезпечують можливість багаторазового повторення досліду зі змінними вхідними параметрами без додаткових витрат часу на підготовку. [3] Це дозволяє учням досліджувати граничні умови, перевіряти гіпотези методом спроб і помилок та отримувати миттєвий зворотний зв'язок від системи. Важливим аспектом є також здатність симуляцій генерувати точні кількісні дані, які учні можуть використовувати для побудови графіків та розрахунків, що наближає навчальний процес до реальної наукової діяльності та позитивно впливає на академічну успішність.

1.1.4. Недоліки та обмеження використання комп'ютерних симуляторів

Незважаючи на численні переваги та високий дидактичний потенціал, використання симуляцій у навчанні фізики має певні обмеження та виклики, які необхідно враховувати для забезпечення їх ефективної інтеграції в освітній процес. Аналіз праць зарубіжних (Дж. Розенберг, Р.П. Антоніо) та вітчизняних дослідників (О.В. Слободяник, Г.М. Брославська) дозволяє виокремити такі основні групи недоліків: ризик недостатнього розвитку практичних навичок, формування спрощених уявлень про фізичну реальність, технологічні та організаційні бар'єри, а також ризик пасивного навчання. [10, 17, 18, 25]

Ризик недостатнього розвитку практичних навичок пов'язаний з тим, що надмірне чи виняткове використання віртуальних моделей може

зменшити можливість набуття досвіду роботи з реальними приладами та матеріалами. Фізика як експериментальна наука вимагає не лише спостереження, а й тактильної взаємодії з обладнанням. Як зазначають дослідники, робота виключно з комп'ютерною мишею призводить до послаблення навичок маніпулювання реальними інструментами, невміння скласти реальні електричні кола чи налаштувати оптичні лави. Крім того, у віртуальному середовищі відсутні реальні похибки вимірювань, шуми та непередбачувані фактори (наприклад, поганий контакт у дротах), що позбавляє учнів навичок критичної оцінки результатів та пошуку джерел експериментальних помилок.

Формування спрощених уявлень про фізичну реальність виникає через те, що будь-який симулятор є лише моделлю, яка створюється з певними спрощеннями та припущеннями для полегшення обчислень або керування. Дж. Розенберг застерігає, що учні можуть сприймати ідеальну комп'ютерну модель як самодостатню реальність, не усвідомлюючи її обмежень. Наприклад, якщо симуляція за замовчуванням ігнорує опір повітря або тертя, у школярів може сформуватися хибне уявлення про те, як відбуваються процеси в реальному світі. Це явище описується як ризик сприйняття симуляції як «авторитетного джерела», яке не підлягає сумніву, що гальмує розвиток критичного мислення.

Технологічні та організаційні бар'єри залишаються суттєвим фактором, що обмежує повсюдне впровадження симуляторів. Ефективність навчального процесу прямо залежить від наявності сучасної комп'ютерної техніки та стабільного інтернет-зв'язку. Високоякісні мультифізичні симуляції можуть вимагати потужних процесорів та відеокарт, що не завжди доступне всім учням або школам, створюючи так званий «технологічний розрив». Крім того, деякі передові платформи можуть бути платними або вимагати складного ліцензування, що обмежує їх

використання в бюджетних закладах освіти. Окремою проблемою є технічні збої та програмні помилки, які можуть переривати навчальний процес.

Ризик пасивного навчання виникає у випадках, коли використання симуляцій не підкріплене належним педагогічним супроводом. Існує небезпека, що учні будуть використовувати симуляції поверхнево, хаотично натискаючи кнопки або просто спостерігаючи за анімацією як за розважальним контентом, не заглиблюючись у фізичну сутність процесів. Без чітко сформульованих завдань, проблемних питань та вчительського контролю інтерактивність може перетворитися на гру без навчального ефекту. Ефективне використання симуляцій вимагає від учителя високої кваліфікації та значних часових витрат на розробку спеціальних інструкцій та завдань, що також є певним викликом для педагогічної системи.

1.1.5. Класифікація та типи програмного забезпечення для моделювання фізичних процесів

Різноманіття сучасних цифрових інструментів для вивчення фізики вимагає чіткої систематизації, оскільки різні програмні засоби мають відмінну архітектуру, функціонал та методичне призначення. У науково-педагогічній літературі існують різні підходи до класифікації педагогічних програмних засобів (ППЗ), проте найбільш повною та адаптованою до потреб фізичної освіти вважається класифікація за способом отримання комп'ютерної моделі та ступенем інтерактивності середовища. Спираючись на дослідження А.М. Андрєєва, доцільно виокремити чотири основні типи програмного забезпечення, що використовуються для моделювання фізичних процесів: віртуальна фізична лабораторія, віртуальний фізичний світ, засоби чисельного моделювання фізичних процесів, розробка комп'ютерної моделі мовою програмування. [16, 17]

Віртуальна фізична лабораторія являє собою спеціалізоване програмне середовище, яке максимально точно імітує інтерфейс та

функціонал реальної лабораторії. Характерною особливістю цього типу є наявність зображень (часто фотореалістичних) лабораторних установок, вимірювальних приладів та з'єднувальних елементів. Робота в такому середовищі зазвичай регламентована: учень має набір інструментів та чітке завдання, яке потрібно виконати, відтворюючи кроки реального експерименту. Головна мета таких засобів - сформувати навички роботи з обладнанням та процедурну грамотність, дозволяючи виконувати стандартні лабораторні роботи у дистанційному форматі.

Віртуальний фізичний світ - це більш відкрите та творче середовище, яке часто називають «пісочницею» (sandbox). На відміну від лабораторій, тут немає наперед заданого сценарію чи жорсткого набору інструкцій. Користувач потрапляє у простір, де діють закони фізики (гравітація, тертя, пружність), і отримує можливість самостійно конструювати об'єкти, задавати їм властивості та спостерігати за їхньою взаємодією. Такий підхід дозволяє реалізувати дослідницьке навчання у чистому вигляді, де учень виступає в ролі конструктора та винахідника, створюючи власні експериментальні установки для перевірки гіпотез.

Засоби чисельного моделювання фізичних процесів орієнтовані на математичну складову фізики. Це програми, які дозволяють досліджувати фізичні явища шляхом розв'язування системи рівнянь, що їх описують. Учень задає початкові умови та параметри системи у чисельному вигляді, а програма проводить розрахунки та візуалізує результати у формі графіків, діаграм або анімацій траєкторій руху. Такий тип моделювання є особливо цінним для вивчення процесів, де важлива кількісна точність та аналіз функціональних залежностей між величинами.

Розробка комп'ютерної моделі мовою програмування є найскладнішим, але й найглибшим рівнем використання моделювання. Він передбачає, що учень самостійно створює модель фізичного явища, використовуючи одну з мов програмування (Python, Pascal, C++ тощо). Цей

процес вимагає від учня не лише розуміння фізичної суті явища, а й уміння формалізувати його, переклавши на мову математичних алгоритмів та коду. Хоча цей метод є трудомістким, він забезпечує найвищий рівень міжпредметної інтеграції (фізика та інформатика) та розуміння внутрішньої логіки фізичних законів.

Таким чином, кожен із наведених типів програмного забезпечення має свою дидактичну нішу: віртуальні лабораторії ідеальні для відпрацювання навичок, віртуальні світи - для розвитку творчості, чисельні моделі - для аналізу даних, а програмування - для глибокого концептуального розуміння. Вибір конкретного інструменту залежить від мети уроку та технічних можливостей освітнього закладу.

1.2. Дистанційне навчання як актуальна форма організації сучасного освітнього процесу

Сучасний освітній простір України перебуває у стані глибокої трансформації, зумовленої як загальносвітовими тенденціями цифровізації, так і безпрецедентними зовнішніми викликами. Якщо раніше дистанційне навчання розглядалося переважно як допоміжна або альтернативна форма здобуття освіти, то останні роки кардинально змінили його статус, перетворивши на безальтернативний інструмент забезпечення безперервності навчального процесу. Аналіз наукової літератури та нормативних документів дозволяє виокремити дві ключові передумови, які стали катализатором тотального впровадження дистанційних технологій: пандемія COVID-19 та введення воєнного стану.

Пандемія COVID-19 стала першим глобальним викликом, який змусив заклади освіти екстрено перейти на дистанційну форму навчання. Карантинні обмеження, запроваджені у 2019-2020 навчальному році, виявили неготовність традиційної системи до повної віртуалізації, але водночас стимулювали швидкий розвиток цифрових платформ. Саме в цей

період розпочався масовий пошук ефективних інструментів для онлайн-комунікації та організації самостійної роботи учнів, хоча питання розвитку практичних навичок, зокрема з фізики, залишається відкритим.

Введення воєнного стану через військову агресію РФ проти України перевело дистанційне навчання з категорії тимчасових санітарних заходів у площину національної безпеки та збереження життя учасників освітнього процесу. В умовах руйнування інфраструктури, постійних повітряних тривог та вимушеної міграції учнів і вчителів, дистанційна форма стала єдиним способом забезпечити рівний доступ до якісної освіти. Як зазначають дослідники, в умовах війни дистанційне навчання є вже не опцією, а нагальною потребою, що вимагає використання доступних, зрозумілих та безпечних засобів навчання.

1.2.1. Визначення та сутнісні характеристики дистанційного навчання

У науково-методичному дискурсі дистанційне навчання (ДН) трактується як нова організація освітнього процесу, що ґрунтується на використанні як кращих традиційних методів, так і новітніх інформаційно-телекомунікаційних технологій. Відповідно до нормативної бази та досліджень вітчизняних науковців (І. Удовиченко, Н. Поліхун), дистанційне навчання визначається як індивідуалізований процес набуття знань, умінь, навичок і способів пізнавальної діяльності людини, що відбувається в основному за опосередкованої взаємодії віддалених один від одного учасників навчального процесу у спеціалізованому середовищі, яке функціонує на базі сучасних психолого-педагогічних та інформаційно-комунікаційних технологій. [8, 12]

Ключовою характеристикою цієї форми є саме опосередкована взаємодія, коли вчитель і учень розділені просторово, а іноді й у часі, але зберігають постійний діалог за допомогою технічних засобів. Це відрізняє ДН від заочної форми, оскільки передбачає постійний супровід, контроль

та зворотний зв'язок. Ефективність такої системи залежить від злагодженої роботи всіх її компонентів: цільового, змістового, діяльнісного та результативного, які реалізуються через цифрові канали зв'язку. У дидактиці чітко розрізняють два основні режими реалізації дистанційного навчання: синхронний та асинхронний.

Синхронний режим передбачає взаємодію, коли всі учасники одночасно перебувають у веб-середовищі. Це формат «живого» спілкування в реальному часі, який реалізується через проведення онлайн-уроків, веб-конференцій, вебінарів чи відеозустрічей на платформах Zoom, Google Meet, Microsoft Teams тощо. Цей режим є пріоритетним для пояснення нового матеріалу, проведення дискусій та миттєвого з'ясування незрозумілих питань, оскільки він максимально імітує атмосферу класної кімнати та забезпечує емоційний контакт.

Асинхронний режим базується на самостійному опрацюванні матеріалу учнями у зручний для них час. Взаємодія відбувається із затримкою у часі через електронну пошту, форуми, інтерактивні платформи (Google Classroom, Moodle) або месенджери. У цьому режимі учні отримують доступ до навчальних матеріалів (відеолекцій, презентацій, симуляцій), виконують завдання та відправляють їх на перевірку, а вчитель надає розгорнутий зворотний зв'язок. Асинхронний формат є критично важливим в умовах віялових відключень електроенергії та різниці в часових поясах для учнів, що перебувають за кордоном, оскільки дозволяє кожному рухатися у власному темпі.

1.2.2. Переваги дистанційного навчання

Попри вимушений характер масового переходу на дистанційну форму, педагогічна практика та наукові дослідження останніх років виявили низку її беззаперечних переваг, які зробили цей формат актуальним та перспективним незалежно від зовнішніх обставин. Системний аналіз

праць (І. Удовиченко, Р. Васильєва, Н. Поліхун) дозволяє виокремити ключові фактори, що позитивно впливають на ефективність освітнього процесу в онлайн-середовищі: гнучкість та індивідуалізація навчання, доступність та відсутність географічних бар'єрів, технологічність та актуальність засобів навчання, а також розвиток навичок самоосвіти та самоорганізації. [1, 8, 12]

Гнучкість та індивідуалізація навчання є однією з найбільш значущих переваг, оскільки надає учневі можливість обирати власний ритм та режим здобуття знань у комфортній психологічній обстановці. Особливо це стосується асинхронного режиму, який дозволяє дитині працювати у зручний час, повертатися до складних тем, переглядати відеозаписи уроків необхідну кількість разів та не залежати від темпу роботи всього класу. Такий підхід дозволяє реалізувати особистісно-орієнтоване навчання, де освітня траєкторія адаптується до індивідуальних потреб та здібностей кожного учня.

Доступність та відсутність географічних бар'єрів забезпечує дотримання принципу рівного доступу до якісної освіти, що є критично важливим в умовах війни та вимушеної міграції. Дистанційні технології дозволяють учням, які через стан здоров'я, тимчасову ізоляцію або перебування за кордоном не можуть відвідувати школу фізично, залишатися в українському освітньому контексті. Ця форма усуває необхідність фізичної присутності, знімаючи питання витрат на проїзд чи проживання, і відкриває доступ до навчальних матеріалів провідних вчителів та освітніх платформ незалежно від місця проживання учня.

Технологічність та актуальність засобів навчання полягає у використанні широкого спектра сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), які є природним середовищем для «цифрового покоління» школярів. [2] Дистанційне навчання передбачає активне залучення інтерактивних презентацій, відео контенту, хмарних сервісів та віртуальних

симуляторів, що робить процес пізнання більш динамічним та візуалізованим. Використання гаджетів з навчальною метою підвищує цифрову грамотність учнів та дозволяє вчителям впроваджувати новітні методики викладання, які відповідають сучасним інтересам дітей.

Розвиток навичок самоосвіти та самоорганізації стає закономірним результатом дистанційного навчання, оскільки ця форма вимагає від учня вищого рівня відповідальності та свідомості, ніж традиційна класно-урочна система. В умовах відсутності постійного зовнішнього нагляду вчителя школярі вчаться самостійно планувати свій час, дотримуватися дедлайнів, шукати та аналізувати інформацію. Ці навички - самостійність, ініціативність, здатність до самонавчання - є ключовими компетенціями для успішної реалізації в сучасному світі, де знання швидко застарівають і потребують постійного оновлення.

1.2.3. Недоліки та проблемні питання дистанційного навчання

Незважаючи на значні переваги та безальтернативність в умовах воєнного стану, перехід на дистанційну форму навчання супроводжується низкою серйозних перешкод, які суттєво впливають на якість освітнього процесу. Аналіз педагогічного досвіду та наукових досліджень (О. Федчишин, Н. Поліхун, І. Удовиченко) свідчить, що ці проблеми мають комплексний характер і стосуються як технічного забезпечення, так і психолого-педагогічної складової. Основними групами викликів, з якими стикаються учасники освітнього процесу, є: технологічні та матеріально-технічні обмеження, соціально-комунікативні та психологічні проблеми, а також методичні та педагогічні труднощі. [8, 12, 22]

Технологічні та матеріально-технічні обмеження залишаються найгострішою проблемою, яка створює нерівні умови доступу до освіти. Ефективність дистанційного навчання критично залежить від стабільності інтернет-зв'язку та наявності сучасних гаджетів, що не завжди забезпечено

в усіх населених пунктах України. Дослідники фіксують явище «цифрового розриву», коли учні з соціально вразливих категорій або ті, що проживають у зонах з пошкодженою інфраструктурою, не мають технічної змоги повноцінно долучатися до уроків. Окрім того, використання високоякісних освітніх ресурсів (наприклад, 3D-симуляцій) часто вимагає потужних комп'ютерів, яких може не бути у домашньому користуванні учнів.

Соціально-комунікативні та психологічні проблеми зумовлені специфікою опосередкованого спілкування. Ключовим недоліком є обмеження безпосереднього контакту та втрата «живого» спілкування між учителем та учнем, що ускладнює емоційну підтримку та виховний вплив. Тривале перебування в ізоляції та перед екраном монітора призводить до зниження навичок соціалізації, труднощів у формулюванні думок під час усних дискусій та значного навантаження на зір і нервову систему (так звана «екранна втома»). Окремим викликом є питання академічної доброчесності та контролю знань: вчителю складно ідентифікувати самостійність виконання завдань учнем на відстані, що знижує об'єктивність оцінювання. Також існує ризик зниження мотивації та прокрастинації, оскільки дистанційна форма вимагає від дитини високого рівня самодисципліни, який часто ще не сформований у шкільному віці.

Методичні та педагогічні труднощі пов'язані з неготовністю частини педагогічного складу до роботи в нових умовах та специфікою викладання природничих дисциплін. Вчителі часто стикаються з проблемою адаптації навчального матеріалу до онлайн-формату, браком навичок роботи з цифровими платформами та складністю реалізації діяльнісного компонента навчання. Особливо критичною ця проблема є для фізики, де експеримент є основою пізнання. В умовах дистанційного навчання виникають значні труднощі з проведенням лабораторних робіт: відсутність реальних приладів удома в учнів, неможливість контролювати техніку безпеки та пасивна

участь школярів при перегляді відеодемонстрацій замість власного дослідження призводять до формалізації знань.

1.3. Проблемні питання дистанційної форми навчання. Комп'ютерні симулятори як вихід з цього положення

Актуалізація дистанційної форми навчання, спричинена глобальними викликами, виявила низку гострих проблем у системі середньої освіти, особливо у викладанні природничо-математичних дисциплін. Фізика, яка за своєю сутністю є експериментальною наукою, постраждала найбільше, оскільки її вивчення неможливе без безпосередньої практичної діяльності. Досвід запровадження дистанційного навчання засвідчив, що найменш розробленим та найвразливішим залишилося питання розвитку в учнів діяльнісного компонента, зокрема експериментаторських та дослідницьких умінь. Традиційні методи викладання зіткнулися з об'єктивними перешкодами, що вимагає пошуку ефективних компенсаторних механізмів.

1.3.1. Основні виклики та труднощі організації експериментальної діяльності в умовах ДН

Специфіка викладання фізики вимагає переходу від теоретичного споглядання до практичної перевірки законів природи, що в умовах віддаленого навчання стає складним завданням. Аналіз методичної літератури (Н. Поліхун, Н. Пономарьова, А.М. Андреев) дозволяє систематизувати основні труднощі, які унеможливають повноцінну реалізацію шкільного фізичного експерименту вдома: відсутність матеріально-технічної бази, складність реалізації діяльнісного підходу та проблеми безпеки й контролю. [8, 16, 23]

Відсутність матеріально-технічної бази є ключовою проблемою, оскільки більшість учнів не мають удома спеціалізованих фізичних приладів (амперметрів, лінз, калориметрів) та витратних матеріалів для

виконання лабораторних робіт згідно з програмою. Навіть до переходу на дистанційне навчання шкільні кабінети часто відчували дефіцит сучасного обладнання, а в умовах навчання з дому ця проблема набула критичного характеру. Заміна професійного обладнання підручними засобами можлива лише для найпростіших дослідів, тоді як складніші теми (електродинаміка, оптика, квантова фізика) залишаються без експериментального підкріплення, що змушує вчителів обмежуватися суто теоретичним викладом матеріалу.

Складність реалізації діяльнісного підходу проявляється у ризикі підміни активного дослідження пасивним спогляданням.[4] В умовах карантину та війни поширеною практикою стала демонстрація учням готових відеозаписів експериментів (наприклад, з платформи «Всеукраїнська школа онлайн»). Хоча такі матеріали є наочними, вони не залучають учня до процесу: дитина не проводить вимірювань, не налаштовує прилади й отримує знання у готовому вигляді, що не сприяє формуванню міцних навичок. Виняткове спостереження за чужими діями призводить до формалізму в знаннях та неспроможності застосувати теорію на практиці.

Проблеми безпеки й контролю унеможливлюють проведення багатьох реальних дослідів у домашніх умовах без нагляду вчителя. Педагог не може дистанційно гарантувати дотримання техніки безпеки при роботі з електричним струмом, нагрівальними приладами чи скляним посудом, що робить домашній експеримент потенційно небезпечним. Крім того, виникає проблема об'єктивного оцінювання рівня оволодіння експериментаторськими вміннями, оскільки вчитель не бачить процесу виконання роботи, а перевіряє лише кінцевий звіт, який може бути списаним або не відповідати реальним діям учня.

1.3.2. Комп'ютерні симулятори як компенсаторний інструмент

У контексті неможливості повноцінної реалізації натурного експерименту науковці та методисти пропонують використовувати дидактичні засоби, що мають високий компенсаторний потенціал. Електронні симулятори фізичних процесів та віртуальні лабораторії визнані найбільш ефективним інструментом, здатним нівелювати описані вище проблеми. Вони дозволяють зберегти дослідницьку складову навчання, надаючи учням такі переваги: безпечне та економічне середовище для досліджень, візуалізацію складних процесів та забезпечення активної позиції учня.

Безпечне та економічне середовище для досліджень прямо вирішує проблему відсутності обладнання та ризиків травмування. Симулятори виступають як повноцінна заміна дорогої матеріальної бази, надаючи доступ до ідеальних віртуальних приладів кожному учневі, незалежно від фінансових можливостей школи чи сім'ї. У віртуальному просторі учні можуть працювати з моделями високовольтних схем, ядерних реакцій чи хімічних реагентів без жодної загрози для життя, що знімає питання техніки безпеки, характерне для домашніх експериментів.

Візуалізація складних процесів компенсує абстрактність теоретичного навчання, дозволяючи моделювати явища, які неможливо відтворити в домашніх умовах. Комп'ютерні моделі дають змогу «побачити» рух молекул, структуру електромагнітного поля або процеси всередині атомного ядра, забезпечуючи наочність там, де реальний експеримент був би безсилим або надто складним. Це дозволяє учням досліджувати причинно-наслідкові зв'язки та формувати глибоке розуміння фізичних законів навіть за відсутності лабораторного стенда.

Забезпечення активної позиції учня є головною методичною перевагою симуляторів над відео демонстраціями. Використання інтерактивних моделей дозволяє подолати пасивність навчання: учень не

просто споглядає, а самостійно впливає на хід експерименту, змінюючи параметри, будуючи графіки та перевіряючи гіпотези. Це забезпечує реалізацію діяльнісного підходу в дистанційному форматі, дозволяючи формувати експериментаторські вміння (планування дослідів, зняття показів, обробка результатів) без використання реальних приладів. [9]

Висновки до розділу I

У першому розділі магістерської роботи здійснено комплексний теоретичний аналіз проблеми використання комп'ютерних симуляторів у навчанні фізики, що дозволило сформулювати низку важливих узагальнень щодо їхньої ролі в сучасній освітній парадигмі. На основі вивчення науково-методичної літератури з'ясовано, що комп'ютерні симулятори в сучасній педагогіці трансформувалися з допоміжного ілюстративного засобу в потужний самостійний дидактичний інструмент, який забезпечує моделювання фізичних явищ у віртуальному середовищі. Визначено, що вони виконують три ключові функції, а саме демонстраційну, яка дозволяє візуалізувати невидимі або швидкоплинні процеси, дослідницьку, що надає можливість перевірки гіпотез шляхом зміни параметрів системи, та тренувальну, спрямовану на відпрацювання алгоритмів дій. Така багатофункціональність дозволяє реалізувати діяльнісний підхід у навчанні, перетворюючи учня з пасивного спостерігача на активного дослідника, здатного самостійно конструювати знання.

В ході дослідження було систематизовано наявні програмні засоби, серед яких виокремлено віртуальні лабораторії, віртуальні фізичні світи та засоби чисельного моделювання, що дає вчителю можливість обирати інструментарій відповідно до конкретної дидактичної мети уроку. Встановлено, що головними перевагами використання симуляторів є абсолютна безпека виконання експериментів, економічна ефективність, можливість масштабування часу та простору, а також доступ до

ідеалізованих умов, які принципово неможливо створити в шкільній лабораторії. Водночас теоретичний аналіз дозволив виявити й суттєві обмеження їх використання, зокрема ризик формування в учнів спрощених уявлень про фізичну реальність, відсутність навичок роботи з реальними вимірювальними приладами та залежність ефективності навчання від технічного забезпечення учасників освітнього процесу.

Особливу увагу в роботі приділено аналізу специфіки організації освітнього процесу в умовах воєнного стану та вимушеного переходу на дистанційну форму навчання. Констатовано, що, попри такі об'єктивні переваги, як гнучкість графіку та індивідуалізація темпу навчання, дистанційна освіта створила критичну проблему для викладання природничих дисциплін — розрив між теоретичним матеріалом та його практичним застосуванням. Відсутність доступу до матеріально-технічної бази шкіл, неможливість безпечного проведення домашніх експериментів та обмеженість безпосереднього контакту з учителем призвели до загрози формалізації знань учнів та зниження їхнього пізнавального інтересу до фізики.

Обґрунтовано, що в умовах, що склалися, комп'ютерні симулятори виступають найбільш ефективним компенсаторним механізмом відновлення експериментальної складової курсу фізики. Вони дозволяють нівелювати такі гострі проблеми дистанційного навчання, як брак лабораторного обладнання та небезпека проведення дослідів з електричним струмом чи хімічними речовинами. Доведено, що на відміну від пасивного перегляду відеозаписів лабораторних робіт, робота з інтерактивними моделями забезпечує суб'єктну позицію учня, розвиває навички аналізу даних, побудови графіків та критичного мислення. Отже, інтеграція комп'ютерних симуляторів у навчальний процес є не лише вимушеним кроком у відповідь на виклики часу, а й необхідною умовою модернізації

шкільної фізичної освіти, що потребує розробки відповідного методичного забезпечення, якому присвячено наступний розділ роботи.

fizmat@sspu.edu.ua
суворо дотримуйтесь
правил академічної
добросовісності

РОЗДІЛ II. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИМУЛЯТОРІВ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ З ФІЗИКИ

2.1. Методичний аналіз доступних онлайн-платформ та комп'ютерних симуляторів

Ефективність впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у навчання фізики залежить не лише від технічного забезпечення, а насамперед від методично обгрунтованого вибору програмних засобів. Сучасний освітній простір пропонує широкий спектр цифрових інструментів, кожен з яких має свою специфіку, дидактичне призначення та технічні вимоги. Завданням вчителя є відбір тих ресурсів, які найкраще відповідають меті уроку та віковим особливостям учнів. Аналіз науково-методичної літератури (О. Федчишин, Г.М. Брославська, В. Масич) дозволяє виокремити та детально проаналізувати найпопулярніші платформи, що використовуються в українських школах: PhET Interactive Simulations, середовище моделювання Algodoo, віртуальні лабораторії Vascak та MozaWeb. [5, 18, 22, 26, 13-15]

PhET Interactive Simulations (Physics Education Technology) є безумовним лідером серед освітніх ресурсів з фізики, розробленим в Університеті Колорадо (США) за ініціативи нобелівського лауреата Карла Вімана. Це безкоштовна платформа, що містить сотні інтерактивних симуляцій, перекладених українською мовою. Головною методичною особливістю PhET є орієнтація на концептуальне розуміння та дослідницький підхід: симуляції створені так, щоб заохочувати учнів до інтуїтивного пошуку зв'язків між величинами через гру та маніпуляції. [21] Важливою перевагою є технічна доступність: перехід платформи з технології Flash на HTML5 дозволяє використовувати ці моделі на будь-яких пристроях, включаючи смартфони та планшети, що є критичним для

дистанційного навчання. Тематичне наповнення охоплює всі розділи шкільної програми - від механіки та електрики до квантової фізики, дозволяючи візуалізувати такі складні явища, як інтерференція хвиль, будова атома чи фотоефект.

Середовище моделювання Algodoo представляє інший тип програмного забезпечення - це двовимірний фізичний конструктор («пісочниця»), який надає користувачеві повну свободу творчості. На відміну від PhET, де сценарій експерименту часто заданий розробником, в Algodoo учень отримує набір інструментів (створення тіл, пружин, моторів, лазерів) і може самостійно конструювати будь-які механічні системи. Це середовище ідеально підходить для реалізації методу проєктів та STEM-освіти, оскільки дозволяє моделювати складні сценарії руху, досліджувати тертя, оптику та гравітацію у створених власноруч світах. Проте використання Algodoo вимагає від учителя та учнів вищого рівня комп'ютерної грамотності та часу на опанування інтерфейсу.

Віртуальні лабораторії Vascak та MozaWeb вирізняються високим рівнем реалістичності та наочності. Ресурс Vascak.cz пропонує велику колекцію Flash- та HTML5-анімацій, де зображення приладів максимально наближене до реального лабораторного обладнання, що дозволяє використовувати їх для підготовки до реальних лабораторних робіт. У свою чергу, платформа MozaWeb спеціалізується на 3D-сценах, які дозволяють розглядати фізичні об'єкти (двигуни, генератори, астрономічні тіла) з усіх боків, розібрати їх на деталі та спостерігати за принципом їхньої роботи. Ці ресурси є незамінними для демонстраційного експерименту, коли вчителю потрібно швидко та якісно пояснити будову технічного пристрою або сутність фізичного явища, проте вони часто мають менший ступінь інтерактивності порівняно з PhET.

Узагальнюючи методичний аналіз, можна стверджувати, що для проведення навчального фізичного експерименту в умовах

загальноосвітньої школи найбільш універсальним інструментом є платформа PhET. Її перевагами є безкоштовність, повна українська локалізація, кросплатформеність та орієнтація саме на навчальні цілі, що дозволяє легко інтегрувати симуляції в структуру уроку. Саме тому в подальшому дослідженні ми зосередимося на розробці методики використання симуляцій PhET.

2.2. Проведення експериментальних робіт з фізики за допомогою комп'ютерного симулятора «PhET»

Упровадження віртуального фізичного експерименту в навчальний процес вимагає від учителя чіткого розуміння методики роботи з програмним забезпеченням. Для практичної реалізації завдань дослідження нами було обрано платформу PhET Interactive Simulations (University of Colorado Boulder), яка дозволяє моделювати фізичні процеси з високим ступенем наочності та інтерактивності.

Нами розроблено методику проведення двох лабораторних робіт з розділу «Електродинаміка» (11 клас), які адаптовані для використання в умовах дистанційного або змішаного навчання:

1. Вимірювання ЕРС і внутрішнього опору джерела струму (на базі симуляції кіл постійного струму).
2. Вимірювання індуктивності котушки (на базі симуляції кіл змінного струму).

Нижче наведено детальний опис методики організації та проведення зазначених робіт.

Методика проведення роботи «Вимірювання ЕРС і внутрішнього опору джерела струму»

Актуальність та дидактична мета. У шкільному фізичному експерименті вимірювання внутрішнього опору джерела струму часто викликає труднощі через технічні обмеження реального обладнання

(сучасні гальванічні елементи мають малий внутрішній опір, який важко зафіксувати шкільними приладами, а старі акумулятори можуть бути небезпечними або ненадійними). Використання комп'ютерної моделі дозволяє задати довільні параметри джерела, що робить фізичну сутність закону Ома для повного кола прозорою та зрозумілою для учнів.

Програмне забезпечення. Для виконання роботи використовується симуляція «Circuit Construction Kit: DC - Virtual Lab». [20] Інтерфейс програми надає учням доступ до набору віртуальних елементів, функціонал яких максимально наближений до реальних.

Для зручності ідентифікації обладнання та його функцій у віртуальному середовищі нами складено перелік інструментів, що використовуються в даній роботі (Таблиця 2.1).

Таблиця 2.1.

Віртуальне обладнання для роботи з колами постійного струму

Назва елемента / Інструмента	Функція в симуляції та особливості налаштування	Зовнішній вигляд (Скріншот)
Джерело струму (Батарейка)	Генерує постійну напругу. Дозволяє змінювати ЕРС та, що найважливіше, задавати значення внутрішнього опору r в діапазоні від 0 до 10 Ом.	 Батарейка
Резистор	Виконує роль навантаження. У методиці даної роботи використовується як реостат: учні можуть змінювати його опір R за допомогою повзунка, імітуючи зміну навантаження в колі.	 Резистор

Вольтметр	Вимірює різницю потенціалів. Має два щупи (чорний та червоний), що дозволяє візуально контролювати точки підключення. Покази виводяться в цифровому вигляді.	 Вольтметр
Амперметр	Вимірює силу струму в ділянці кола. Вмикається послідовно. Забезпечує високу точність вимірювань, недосягну для стрілкових шкільних приладів.	 Амперметр
Ключ	Замикає та розмикає електричне коло. Дозволяє проводити вимірювання в режимі холостого ходу.	 Ключ
З'єднувальні дроти	Забезпечують комутацію елементів. У налаштуваннях можна задати їхній питомий опір (рекомендовано встановити як «незначний»).	 Дріт

Хід виконання роботи

Етап 1. Підготовка та налаштування параметрів джерела.

На початку роботи вчитель інструктує учнів щодо налаштування «прихованих» параметрів. У меню «Додатково» учні встановлюють довільне значення внутрішнього опору джерела (наприклад, $r = 2 \dots 5 \text{ Ом}$). Це критично важливий момент, оскільки він перетворює ідеальне джерело напруги на реальне фізичне джерело.

Етап 2. Складання електричного кола.

Учні моделюють схему, що складається з послідовно з'єднаних джерела, амперметра, резистора та ключа. Вольтметр підключається паралельно до клем джерела струму.

Етап 3. Проведення вимірювань.

Методика передбачає два режими вимірювань:

1. Режим холостого ходу: При розімкненому ключі струм у колі відсутній $I = 0$. Вольтметр, підключений до клем джерела, показує напругу, яка в даному випадку чисельно дорівнює електрорушійній силі ε .
2. Режим навантаження: Після замикання ключа по колу протікає струм. Учні фіксують зменшення напруги на клеммах джерела ($U < \varepsilon$) та появу струму (I).
3. Дослідження залежності: Змінюючи опір резистора (імітація реостата), учні проводять серію з 5 дослідів, отримуючи різні пари значень сили струму та напруги.

Етап 4. Обробка результатів.

Отримані дані заносяться до електронної таблиці. Розрахунок внутрішнього опору для кожного дослідів проводиться за формулою:

$$r = \frac{\varepsilon - U}{I} \quad (2.1)$$

Для мінімізації похибок учні обчислюють середнє значення внутрішнього опору $r_{\text{сер}}$ та оцінюють абсолютну похибку методом середнього арифметичного відхилення. Важливою методичною складовою є аналіз причин падіння напруги, що сприяє формуванню глибокого розуміння законів постійного струму.

Методика проведення роботи «Вимірювання індуктивності котушки»

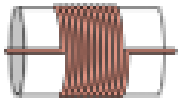
Актуальність та дидактична мета. Вивчення кіл змінного струму є однією з найскладніших тем шкільного курсу через високий рівень абстракції та неможливість візуалізувати швидкоплинні електромагнітні процеси без спеціального обладнання (осцилографів). Симуляція PhET дозволяє візуалізувати фазові зсуви та амплітудні значення напруги і струму в реальному часі.

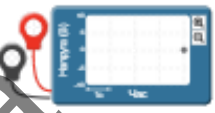
Програмне забезпечення. Використовується симуляція «Circuit Construction Kit: AC - Virtual Lab». [19] Особливістю цієї версії є наявність джерел змінної напруги та розширені можливості вимірювальних приладів (режим осцилографа).

Опис інструментарію, що використовується в даній лабораторній роботі, наведено в Таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

Віртуальне обладнання для роботи з колами змінного струму

Назва елемента / Інструмента	Функція в симуляції та особливості налаштування	Зовнішній вигляд (Скріншот)
Джерело змінної напруги	Генерує синусоїдальний сигнал. Дозволяє регулювати амплітуду напруги U_{max} та частоту ν . Для наочності рекомендовано використовувати низькі частоти (0,1 – 1 Гц).	 Джерело зм. струму
Котушка індуктивності	Основний об'єкт дослідження. Дозволяє змінювати індуктивність L та спостерігати	 Індуктор

	вплив кількості витків на параметри кола.	
Вимірювальні прилади з графічним дисплеєм (Вольтметр та Амперметр)	Ключова відмінність АС-версії. Прилади можуть будувати графіки залежності напруги $U(t)$ та сили струму $I(t)$ у часі, виконуючи функцію двоканального осцилографа.	 Графік напруги  Графік струму

Хід виконання роботи

Етап 1. Складання кола змінного струму.

Учні збирають коло, що складається з джерела змінної напруги, котушки індуктивності, ключа та з'єднувальних дротів. Вольтметр підключається паралельно до котушки, а амперметр — послідовно (або використовується безконтактний датчик струму).

Етап 2. Налаштування параметрів та візуалізація.

Учні встановлюють параметри джерела (наприклад, частоту $\nu = 0,5$ Гц). Низька частота дозволяє візуально спостерігати за коливанням стрілок приладів та рухом зарядів (електронів) у провіднику, що змінюють напрямок руху.

Етап 3. Зняття показів за допомогою графіків.

Основна частина експерименту полягає у роботі з графіками $U(t)$ та $I(t)$. Учні запускають симуляцію, чекають стабілізації процесу, після чого натискають «Паузу». На зафіксованих графіках визначаються максимальні (амплітудні) значення напруги (U_{max}) та сили струму (I_{max}).

Етап 4. Дослідження залежностей.

Для підтвердження того, що індуктивність є характеристикою самої котушки, а не параметром струму, учні змінюють напругу джерела (наприклад, збільшують на 10-30 В) і повторюють вимірювання.

Етап 5. Обробка результатів.

На основі отриманих амплітудних значень та відомої частоти учні розраховують:

1. Повний опір ділянки кола (імпеданс):

$$Z = \frac{U_{max}}{I_{max}} \quad (2.2)$$

2. Індуктивність котушки (нехтуючи активним опором):

$$L = \frac{Z}{2\pi\nu} \quad (2.3)$$

Завершальним етапом є порівняння отриманого експериментально значення L з номінальним значенням, яке задане у властивостях віртуальної котушки, та розрахунок відносної похибки вимірювань (ϵ).

2.3. Методичні рекомендації щодо використання комп'ютерних симуляторів у навчальному процесі з фізики

Ефективність використання комп'ютерних симуляторів, зокрема платформи PhET Interactive Simulations, у навчальному процесі значною мірою визначається не лише функціоналом програмного забезпечення, а й методикою його впровадження. На основі аналізу розроблених лабораторних робіт та педагогічного досвіду нами сформульовано рекомендації щодо організації навчальної діяльності учнів у віртуальному середовищі, які розглядають лабораторну роботу як комплексне дослідження, що охоплює підготовку, експеримент, контроль розуміння та творче застосування знань.

Першочерговим завданням вчителя є структурування інструктивних матеріалів. Робота у віртуальному середовищі вимагає чіткої алгоритмізації

дій, оскільки інтерфейс симулятора часто містить значну кількість інструментів, які можуть не використовуватися в конкретному дослідженні. Інструкція повинна бути не просто переліком кроків, а містити візуальні орієнтири, зокрема скріншоти з позначками, що фокусують увагу учня на необхідних елементах керування. Такий підхід дозволяє мінімізувати час, необхідний на технічне опанування програми, та зосередити зусилля учнів на розумінні фізичної суті досліджуваного явища.

Важливою методичною складовою є використання контрольних запитань як інструменту діагностики. У розроблених роботах цей блок слугує для перевірки глибини розуміння отриманих результатів та запобігання формальному виконанню завдань. Доцільно інтегрувати завдання різних типів, наприклад, графічні задачі, що вимагають аналізу побудованих симулятором залежностей, як це реалізовано у роботі з вимірювання ЕРС, де учні за графіком визначають параметри джерела. Також ефективними є розрахункові задачі на застосування формул з іншими вхідними даними та концептуальні питання, що перевіряють розуміння причинно-наслідкових зв'язків, наприклад, щодо впливу параметрів індуктивності на період коливань.

Для реалізації диференційованого підходу та розвитку пізнавального інтересу учнів методика передбачає впровадження творчих завдань. Комп'ютерні симулятори створюють унікальне середовище для дослідницького навчання, дозволяючи швидко та безпечно перевіряти гіпотези. Учня можна пропонувати завдання на самостійне планування експерименту, як, наприклад, розробка плану доведення залежності індуктивності від кількості витків, або завдання на перевірку теоретичних тверджень та дослідження граничних умов роботи електричних кіл, які складно відтворити в реальному класі через питання безпеки.

Окрему увагу вчитель повинен приділяти роботі з похибками та розумінню ідеалізації моделі. Необхідно акцентувати увагу учнів на тому,

що симулятор є математичною моделлю, яка відрізняється від реального фізичного процесу відсутністю шумів чи ідеальними контактами. Важливим етапом є порівняння результатів віртуального експерименту з реальними даними та обов'язкове обчислення абсолютних і відносних похибок, що сприяє формуванню культури експериментатора та розвитку критичного мислення. [7]

Завершальним аспектом методики є організація зворотного зв'язку та оцінювання, що особливо актуально в умовах дистанційного навчання. Для підтвердження самостійності виконання роботи звіт учня має містити не лише таблиці з числовими даними, а й скріншоти екрана, що фіксують проміжні етапи вимірювань, наприклад, фото зібраного кола з показами приладів. Це надає вчителю можливість верифікувати отримані результати та забезпечити об'єктивність оцінювання. Таким чином, використання симуляторів стає ефективним лише за умови методично виваженого поєднання інструктивної, контролюючої та творчої складових.

Висновки до розділу II

У другому розділі магістерської роботи здійснено комплексне обґрунтування та практичну розробку методичних засад використання комп'ютерних симуляторів у навчанні фізики, що дозволило створити цілісну систему організації віртуального експерименту. За результатами порівняльного аналізу сучасного програмного забезпечення, що включав платформи Algodoo, Vascak, MozaWeb та PhET Interactive Simulations, для подальшої розробки було обрано останню. Визначено, що саме платформа PhET є найбільш оптимальним інструментом для масового впровадження в українських школах завдяки поєднанню низки критично важливих характеристик: безкоштовного доступу, повної україномовної локалізації, використання технології HTML5 для роботи на мобільних пристроях та

глибокої методичної орієнтації на візуалізацію концептуальних основ фізичних явищ, а не лише на відтворення зовнішнього вигляду приладів.

На базі обраної платформи нами було розроблено детальну методику проведення двох лабораторних робіт з розділу «Електродинаміка» для учнів 11 класу: «Вимірювання ЕРС і внутрішнього опору джерела струму» та «Вимірювання індуктивності котушки». Запропонований підхід адаптовано до специфіки дистанційного та змішаного навчання, що дозволяє учням виконувати роботи самостійно вдома, використовуючи віртуальні аналоги вимірювальних приладів, таких як мультиметри та осцилографи. Особливу увагу в методиці приділено використанню унікальних можливостей симулятора, які недоступні в реальному експерименті, зокрема можливості довільно змінювати внутрішній опір джерела струму для дослідження його впливу на напругу в колі, а також візуалізації фазових зсувів між струмом і напругою в колах змінного струму в режимі уповільненого часу.

Важливим результатом роботи стало обґрунтування структури навчальної діяльності учнів. Встановлено, що ефективність віртуального експерименту критично залежить від наявності в інструктивних матеріалах чітких візуальних орієнтирів та алгоритмів, що запобігає технічним труднощам під час роботи з інтерфейсом. Водночас доведено, що для уникнення механічного виконання дій необхідно інтегрувати до структури роботи блоки контрольних запитань та творчих завдань. Це дозволяє трансформувати лабораторну роботу з простої процедури вимірювання у повноцінне навчальне дослідження, де учень повинен не лише зафіксувати дані, а й спланувати власний експеримент, перевірити гіпотезу або пояснити розбіжність між ідеальною моделлю та реальними фізичними процесами.

Сформульовані нами методичні рекомендації акцентують увагу вчителів на необхідності поєднання віртуального експерименту з формуванням культури вимірювань. Зокрема, наголошено на важливості

обговорення з учнями ідеалізованого характеру комп'ютерних моделей та обов'язковому проведенні оцінки похибок вимірювань, що дозволяє наблизити віртуальний досвід до реальної наукової практики. Розроблені методичні матеріали та інструкції складають надійну основу для проведення педагогічного експерименту, результати якого підтверджують ефективність запропонованого підходу.

fizmat@sspi.edu.ua
суворо дотримуйтесь
правил академічної
доброчесності

РОЗДІЛ III. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Організація і проведення педагогічного експерименту

З метою перевірки гіпотези дослідження та оцінки ефективності розробленої методики використання комп'ютерних симуляторів PhET під час вивчення фізики було організовано та проведено педагогічний експеримент. Дослідно-експериментальна робота здійснювалася на базі Приватного закладу загальної середньої освіти «Київський ліцей «Українська школа вільних наук».

Експеримент проводився у першому семестрі 2025-2026 навчального року під час вивчення розділу «Електродинаміка» (теми «Закони постійного струму» та «Електричний струм у різних середовищах»).

Характеристика вибірки дослідження. У педагогічному експерименті взяли участь учні двох 11-х класів. Загальна кількість учасників склала 27 осіб. Для забезпечення об'єктивності порівняльного аналізу учні були розподілені на дві групи:

- Контрольна група (КГ) - учні 11-А класу (14 осіб). Навчальний процес у цій групі здійснювався за традиційною методикою. Лабораторні роботи виконувалися або демонстраційно вчителем, або теоретично (уявний експеримент) через обмеженість матеріальної бази для індивідуальної роботи кожного учня.
- Експериментальна група (ЕГ) - учні 11-Б класу (13 осіб). У цій групі навчання відбувалося із впровадженням розробленої нами методики. Під час проведення лабораторних робіт та розв'язування експериментальних задач учні використовували інтерактивні симуляції платформи PhET.

Педагогічний експеримент складався з трьох взаємопов'язаних етапів: констатувального, формувального та контрольного.

I. Констатувальний етап Метою цього етапу було визначення початкового рівня навчальних досягнень учнів з фізики та перевірка однорідності вибірки. Важливо було встановити, що на початку вивчення теми обидва класи (КГ та ЕГ) мали приблизно однаковий рівень підготовки, що є необхідною умовою достовірності подальших результатів. Для діагностики використовувався вхідний тест, що містив завдання на перевірку залишкових знань з електростатики та базових понять про електричний струм (8-9 клас). Результати вхідного контролю показали, що суттєвої розбіжності між середніми показниками успішності 11-А та 11-Б класів немає, що дозволило вважати групи рівноцінними.

II. Формувальний етап На цьому етапі відбувалося безпосереднє впровадження розробленої методики в освітній процес Експериментальної групи. Вивчення теми «Електродинаміка» в обох групах відбувалося за однаковою навчальною програмою та календарно-тематичним планом. Відмінність полягала у засобах навчання та методиці проведення практичної частини занять:

- В ЕГ (11-Б) було проведено серію уроків з використанням симуляцій «Circuit Construction Kit: DC» та «Circuit Construction Kit: AC». Учні виконали розроблені нами лабораторні роботи «Вимірювання ЕРС і внутрішнього опору джерела струму» та «Вимірювання індуктивності котушки» безпосередньо на своїх пристроях (смартфонах/планшетах/ноутбуках). Обов'язковим елементом було виконання творчих завдань та аналіз графіків, згенерованих програмою.
- У КГ (11-А) ті самі теми вивчалися з використанням традиційних засобів наочності (схеми у підручнику, плакати, стандартні відеодемонстрації).

III. Контрольний етап Метою завершального етапу було виявлення динаміки змін у рівнях навчальних досягнень учнів та перевірка

ефективності запропонованої методики. Для об'єктивного оцінювання знань було розроблено та проведено підсумкове тестування за темою дослідження. Структура діагностичної роботи була сформована таким чином, щоб перевірити не лише пам'ять (знання формул), а й глибину розуміння фізичних процесів та сформованість експериментаторських умінь.

Зміст контрольного тестування базувався на матеріалі проведених лабораторних робіт і включав завдання трьох типів:

1. Теоретичні питання (перевірка знання закону Ома для повного кола, понять ЕРС, індуктивності, імпедансу).
2. Графічні завдання (аналіз вольт-амперних характеристик, графіків залежності сили струму від часу в колах змінного струму). Учням пропонувалися графіки, аналогічні тим, які вони могли спостерігати на екранах віртуальних осцилографів, що дозволило перевірити навичку інтерпретації графічних даних.
3. Розрахункові задачі (обчислення внутрішнього опору джерела, індуктивності котушки та похибок вимірювань).

3.2. Аналіз результатів педагогічного експерименту

Для об'єктивної оцінки ефективності розробленої методики було проведено кількісний та якісний аналіз результатів навчальної діяльності учнів контрольної (КГ) та експериментальної (ЕГ) груп. Порівняння здійснювалося за двома ключовими показниками: середнім балом успішності, який характеризує загальний рівень засвоєння матеріалу, та показником якості знань, що відображає відсоток учнів, які засвоїли матеріал на достатньому та високому рівнях.

На етапі констатувального експерименту було проведено вхідне тестування для визначення вихідного рівня підготовки учнів. Результати

розподілу учнів за рівнями навчальних досягнень до початку впровадження експериментальної методики наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Результати вхідного контролю знань учнів (до початку експерименту)

Рівень навчальних досягнень	Оцінки (бали)	Контрольна група (11-А)(14 учнів)	Експериментальна група (11-Б)(13 учнів)
Високий	10–12	2	2
Достатній	7–9	6	5
Середній	4–6	5	5
Початковий	1–3	1	1
Середній бал		6,9	6,8
Якість знань (%)		57%	54%

Аналізуючи дані таблиці 3.1, можна стверджувати, що на початку експерименту обидві групи мали практично однакові показники успішності. Різниця в середньому балі становила лише 0,1, а розбіжність у показнику якості знань не перевищувала 3%. Такий розподіл оцінок свідчить про те, що групи були гомогенними, а умови початку експерименту — рівними, що є необхідною передумовою для достовірності подальших висновків.

Після завершення вивчення теми та проведення серії лабораторних робіт, які у контрольній групі виконувалися традиційним або демонстраційним методом, а в експериментальній — за допомогою комп'ютерних симуляторів PhET, було проведено підсумкове тестування. Результати контрольного зрізу знань відображено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

Результати підсумкового контролю знань учнів (після експерименту)

Рівень навчальних досягнень	Оцінки (бали)	Контрольна група (11-А)(14 учнів)	Експериментальна група (11-Б)(13 учнів)
Високий	10–12	3	3
Достатній	7–9	7	7
Середній	4–6	4	3
Початковий	1–3	0	0
Середній бал		7,8	8,0
Якість знань (%)		71%	77%

Результати підсумкового контролю демонструють позитивну динаміку навчальних досягнень в обох групах. Середній бал у контрольній групі зріс на 0,9 бала (з 6,9 до 7,8), тоді як в експериментальній групі приріст склав 1,2 бала (з 6,8 до 8,0). Показник якості знань в експериментальній групі виявився дещо вищим і склав 77% проти 71% у контрольній групі, проте ця різниця не є статистично значущою.

Зіставлення отриманих показників дозволяє зробити важливий методичний висновок про те, що ефективність навчання фізики з використанням комп'ютерних симуляторів є співмірною з ефективністю традиційних методів навчання. Учні, які виконували експериментальні завдання у віртуальному середовищі, продемонстрували таке ж глибоке розуміння фізичних законів електродинаміки та сформованість розрахункових навичок, як і учні, що навчалися за класичною методикою.

Це підтверджує тезу про те, що комп'ютерні симулятори виступають повноцінною та надійною альтернативою натурному експерименту. Відсутність реального обладнання, наприклад, під час дистанційного навчання або в умовах недостатнього матеріально-технічного забезпечення, не призводить до зниження якості освіти, якщо воно компенсується

якісними віртуальними моделями. Таким чином, використання симуляторів доцільно розглядати як ефективний засіб для забезпечення безперервності навчального процесу, урізноманітнення форм роботи та створення умов для виконання експериментальної складової програми в різних педагогічних ситуаціях.

Висновки до розділу III

У третьому розділі магістерської роботи представлено результати педагогічного експерименту, метою якого була емпірична перевірка ефективності розробленої методики використання комп'ютерних симуляторів PhET у процесі вивчення електродинаміки. Експериментальне дослідження, організоване на базі закладу загальної середньої освіти, охоплювало констатувальний, формувальний та контрольний етапи, що дозволило забезпечити об'єктивність та достовірність отриманих даних. На початковому етапі було підтверджено однорідність контрольної та експериментальної груп за рівнем навчальних досягнень, що стало необхідною передумовою для коректного порівняння впливу різних методичних підходів — традиційного та із застосуванням віртуальних моделей.

Порівняльний аналіз результатів підсумкового контролю засвідчив позитивну динаміку рівня успішності в обох групах, проте в експериментальній групі, де навчання супроводжувалося виконанням віртуальних лабораторних робіт, було зафіксовано дещо вищі показники якості знань та середнього бала. Хоча виявлена різниця не є статистично великою, цей факт має важливе методичне значення, оскільки доводить, що заміна реального обладнання комп'ютерними моделями не призводить до втрати якості освіти. Навпаки, учні, які працювали у віртуальному середовищі, продемонстрували глибоке розуміння фізичних процесів та сформованість розрахункових навичок на рівні, який повністю відповідає,

а в окремих аспектах візуалізації мікропроцесів навіть перевищує результати традиційного навчання.

Отримані емпіричні дані дають підстави стверджувати, що розроблена методика є надійною та валідною альтернативою натурному шкільному експерименту. Дослідження підтвердило, що комп'ютерні симулятори здатні повноцінно забезпечити діяльнісний компонент навчання фізики в умовах, коли доступ до реальної лабораторії обмежений або неможливий через дистанційну форму навчання, безпекові ризики чи недостатнє матеріально-технічне забезпечення школи. Впровадження симуляторів дозволяє не лише зберегти практичну спрямованість курсу, а й трансформувати освітній процес, роблячи його більш гнучким, інтерактивним та адаптованим до потреб сучасного цифрового покоління учнів, що підтверджується зростанням їхньої мотивації до вивчення предмету.

Висновки

У магістерській роботі здійснено теоретичне узагальнення та практичне вирішення актуальної науково-педагогічної задачі, що полягає в обґрунтуванні, розробці та експериментальній перевірці методики використання комп'ютерних симуляторів як засобу навчання фізики в закладах загальної середньої освіти.

На основі глибокого аналізу науково-методичної літератури було з'ясовано сутність поняття «комп'ютерний симулятор», яке в сучасній педагогіці трактується як інтерактивне програмне середовище, що дозволяє моделювати фізичні явища та процеси у віртуальному просторі, забезпечуючи можливість активної взаємодії користувача з досліджуваними об'єктами. У ході дослідження здійснено класифікацію наявних програмних засобів, серед яких виокремлено віртуальні лабораторії, середовища-конструктори та засоби чисельного моделювання. Визначено, що в навчальному процесі симулятори реалізують три фундаментальні дидактичні функції, а саме демонстраційну, яка забезпечує візуалізацію невидимих процесів, дослідницьку, що дозволяє проводити експерименти зі змінними параметрами, та тренувальну, спрямовану на відпрацювання алгоритмічних навичок. Також встановлено, що ключовими перевагами їх використання є абсолютна безпека, економічна доступність та можливість масштабування фізичних процесів у часі та просторі, тоді як до основних обмежень віднесено ризик ідеалізації моделей та відсутність тактильного контакту з реальним обладнанням, що вимагає від учителя спеціального методичного супроводу.

Особливу увагу в роботі приділено аналізу стану організації експериментальної діяльності в умовах дистанційного навчання, спричиненого воєнним станом в Україні. Констатовано, що відсутність доступу до матеріально-технічної бази шкіл та неможливість безпечного

проведення домашніх дослідів стали критичними факторами, що знижують якість природничої освіти та призводять до формалізації знань учнів. У цьому контексті доведено, що комп'ютерні симулятори виступають ефективним компенсаторним інструментом, здатним відновити дослідницьку складову навчання та забезпечити реалізацію діяльнісного підходу навіть за відсутності реальної лабораторії.

З метою вибору оптимального інструментарію проведено детальний методичний аналіз сучасних онлайн-платформ, зокрема PhET Interactive Simulations, Algodoo, Vascak та MozaWeb. Обґрунтовано доцільність вибору платформи PhET як основного засобу навчання у школі завдяки поєднанню її наукової валідності, безкоштовного доступу, наявності україномовного інтерфейсу та використанню технології HTML5, що забезпечує кросплатформеність і дозволяє учням працювати з моделями на будь-яких мобільних пристроях.

Вагомим практичним результатом дослідження стала розробка методичного забезпечення для проведення лабораторних робіт з розділу «Електродинаміка» в 11 класі, зокрема робіт «Вимірювання ЕРС і внутрішнього опору джерела струму» та «Вимірювання індуктивності котушки». Запропонована методика вирізняється тим, що передбачає інтеграцію віртуального експерименту з виконанням творчих завдань та контрольних запитань, що сприяє свідомому засвоєнню матеріалу та розвитку дослідницьких умінь, трансформуючи механічне виконання інструкцій у повноцінне дослідження. Додатково сформульовано методичні рекомендації для вчителів, які акцентують увагу на необхідності аналізу помилок вимірювань та врахуванні ідеалізованого характеру моделей для формування в учнів критичного мислення.

Ефективність запропонованої методики було підтверджено в ході педагогічного експерименту. Аналіз результатів засвідчив, що впровадження комп'ютерних симуляторів забезпечує якість знань учнів на

рівні, співмірному з традиційним навчанням, про що свідчить відсутність статистично значущої різниці між успішністю контрольної та експериментальної груп. Це підтверджує гіпотезу дослідження про те, що віртуальні лабораторії є повноцінною альтернативою натурному експерименту в умовах дистанційного навчання, а також дієвим засобом підвищення мотивації учнів до вивчення фізики через використання сучасних цифрових інструментів.

Список літератури

1. Васильєва Р., Степанчиков Д. Підготовка студентів до використання рфет симуляцій при викладанні фізики в умовах дистанційної освіти. *Актуальні питання сучасної інформатики* : Матеріали доп. V Всеукр. науково-практ. конф. з міжнар. участю, м. Житомир, 12 листоп. 2020 р. / ред.: Я. Б. Сікори, С. А. Постової. Житомир, 2021. С. 195–199.
2. Гуревич Р., Сільвейстр А., Моклюк М. Особливості використання інтерактивної дошки як сучасної технології навчання в педагогічних закладах вищої освіти. *Методика навчання природничих дисциплін у середній та вищій школі*. С. 40–42.
3. Ковтанюк М., Семко Б. Розвиток аналітичного мислення та вдосконалення практичних навичок з фізики за допомогою ігрових симуляторів. *Сучасні інформаційні технології в освіті і науці*. 2023. 36. матеріалів V Всеукр. науково-практ. конф. С. 57–60.
4. Колесникова О. А. Діяльнісний підхід до формування в учнів експериментаторських умінь засобами мобільних та дистанційних технологій в навчанні фізики : Кандидатська робота. Київ, 2021. 250 с.
5. Масич В., Мороз О. Віртуальний фізичний експеримент в шкільному курсі фізики. «Наумовські читання» : XXI Всеукр. науково-метод. конф. здобувачів вищ. освіти та молодих вчен., м. Харків, 23 листоп. 2023 р. 2024. С. 386–388.
6. Мацюк В. М., Рапінда Р. В. Комп'ютерне моделювання у фізиці як інструмент навчання: український та світовий досвід. С. 111–114.
7. Поєднання віртуального та натурального експериментів як основа для підтвердження ефективності використання інтерактивних середовищ в освітньому процесі / І. Грод та ін. *Наукові записки*. 2025. С. 31–42. URL: <https://doi.org/10.32782/2415-3605.25.1.4>.

8. Поліхун Н. І. Дистанційна підтримка дослідницької діяльності учнів. Київ : Ін-т обдар. дитини, 2014. 87 с.
9. Семенишена Р. В., Шевчук О. В. Роль віртуальних лабораторних робіт у формуванні фахової компетентності студентів в умовах дистанційного навчання. *Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти): аспекти стандартизації навчального середовища і змісту навчання*. 2021. С. 128–131.
10. Слободяник О. В. Комп'ютерні симуляції при вивченні атомної фізики у закладах загальної середньої освіти. *Наукові записки*. 2019. № 179. С. 7–12.
11. Торчук М. Використання інтернет-сервісів комп'ютерного моделювання фізичних процесів для вивчення студентами курсу фізики. *Інновації в сучасній освіті: методологія, технологія, дидактичні та виховні аспекти*. 2023. С. 193–202. URL: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-300-2-22>.
12. Удовиченко І., Удовиченко В. Теоретико-методологічні засади використання імерсивних технологій в освітньому процесі закладів загальної середньої освіти в умовах воєнного стану. *Ukrainian educational journal*. 2024. № 2. С. 118–130. URL: <https://doi.org/10.32405/2411-1317-2024-2-118-130>.
13. Фізика анімації/симуляції. RNDr. Vladimír Vaščák – osobní stránky učitele z Moravy. URL: <https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=ua>.
14. Цифрова освіта та навчання від Mozaik. URL: <https://ua.mozaweb.com/> (дата звернення: 11.12.2025).
15. Algodoo. URL: <https://www.algodoo.com/>.
16. A.m. A., N.i. T. Methods of development of experimental skills in students in the conditions of distance form of learning. *Collection of research papers pedagogical sciences*. 2020. No. 90. P. 22–27. URL: <https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2020-90-4>.

17. Antonio R. P., Castro R. R. Effectiveness of virtual simulations in improving secondary students' achievement in physics: a meta-analysis. *International journal of instruction*. 2023. Vol. 16, no. 2. P. 533–556. URL: <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16229a>.
18. Broslavska H. M. Використання симуляцій у навчанні фізики в закладах освіти. *Scientific notes of lviv state university of life safety. pedagogy and psychology*. 2025. № 1(5). С. 135–141. URL: <https://doi.org/10.32782/3041-1297/2025-1-18> (дата звернення: 25.11.2025).
19. Circuit construction kit: AC - virtual lab. *PhET: Free online physics, chemistry, biology, earth science and math simulations*. URL: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab_all.html.
20. Circuit construction kit: DC - virtual lab. *PhET: Free online physics, chemistry, biology, earth science and math simulations*. URL: https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_all.html.
21. Doloksaribu F. E., Triwiyono T. The reconstruction model of science learning based PhET-problem solving. *International Journal on Studies in Education (IJonSE)*. 2021. 3(1). P. 37–47.
22. Fedchyshyn O., Mokhun S., Chopyk P. Methodological fundamentals of using phet-simulations in the process of learning physics. *The Scientific Issues of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: pedagogy*. 2022. Vol. 1, no. 1. P. 16–24. URL: <https://doi.org/10.25128/2415-3605.22.1.2>.
23. Laboratory work in Physics and Chemistry in the training of future teachers in the conditions of distance learning / N. Ponomarova et al. *New collegium*. 2023. Vol. 3, no. 111. P. 88–93. URL: <https://doi.org/10.30837/nc.2023.3.88>.

- 24.Oluwaponmile Esosa Ajibola, Ahmed Zubairu. An investigation into the use of computer simulation in the instruction of complicated physics subjects. *Advance journal of education and social sciences*. 2025. Vol. 10, no. 5. P. 147–167.
- 25.Rosenberg J., Lawson M. An investigation of students' use of a computational science simulation in an online high school physics class. *Education sciences*. 2019. Vol. 9, no. 1. P. 49. URL: <https://doi.org/10.3390/educsci9010049>.
- 26.Wieman C. PhET interactive simulations. URL: <https://phet.colorado.edu/>.
- 27.Полуянов А.О. Інноваційні підходи до навчання фізики у закладах загальної середньої та вищої освіти. Сучасні проблеми експериментальної, теоретичної фізики та методики навчання фізики: матеріали XI Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю, м. Суми, 14-16 квітня 2025 року / за ред. С. О. Лебединського – Суми: ІПФ НАН України, 2025. – С. 84-85
- 28.Полуянов А.О. Дистанційна форма навчання, проблеми та виклики. Комп'ютерні симулятори як вихід з цього положення. Збірник праць студентів фізико-математичного факультету СумДПУ імені А.С.Макаренка. – Суми : Вид-во фізико-математичного факультету СумДПУ імені А.С. Макаренка, 2025. – Випуск 19. (статті) – С. 71-75
- 29.Полуянов А.О. Дистанційна форма навчання, проблеми та виклики. Комп'ютерні симулятори як вихід з цього положення. Студентська звітна конференція: Матеріали результатів наукових досліджень молодих науковців. – Суми : Вид-во фізико-математичного факультету СумДПУ імені А.С. Макаренка, 2025. – Випуск 19. (тези) – С. 39-40