

В.П. Кайдан,
викладач кваліфікаційної категорії
«спеціаліст вищої категорії», старший викладач
в Хмельницькому фаховому економіко-технологічному коледжі
Університету економіки і підприємництва,
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
<https://orcid.org/0000-0003-2008-3539>

М.Д. Кайдаш,
кандидат технічних наук, доцент
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
<https://orcid.org/0000-0001-9378-4251>

МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ У ВІРТУАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ: ВПЛИВ НА ЯКІСТЬ НАВЧАННЯ

У статті проаналізовано педагогічний потенціал моделювання фізичних явищ у віртуальному середовищі в контексті трансформації сучасної фізичної освіти. Обґрунтовано дидактичні умови ефективного використання симуляцій і віртуальних лабораторій, визначено їх вплив на концептуальне розуміння, навчальну мотивацію та розвиток дослідницьких компетентностей. Показано доцільність поєднання віртуального й реального експерименту для підвищення якості навчання фізики.

Ключові слова: віртуальне моделювання, навчання фізики, цифрові лабораторії, симуляції фізичних явищ, дослідницькі компетентності, педагогічна методика.

V.P. Kaidan, M.D. Kaidash
Khmelnitsky Professional College of Economics and Technology
of the University of Economics and Entrepreneurship
«Technical University «METINVEST POLYTECHNIC», METINVEST
HOLDING LLC

MODELING OF PHYSICAL PHENOMENA IN A VIRTUAL ENVIRONMENT: IMPACT ON THE QUALITY OF LEARNING

The article analyzes the pedagogical potential of physical phenomena modeling in a virtual environment within the context of modern physics education transformation. The didactic conditions for the effective use of simulations and virtual laboratories are substantiated, and their impact on conceptual understanding, learning motivation, and the development of research competencies is determined. The expediency of combining virtual and real experiments to improve the quality of physics education is demonstrated.

Keywords: virtual modeling, physics education, digital laboratories, physical phenomena simulations, research competencies, pedagogical methodology.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Сучасна фізична освіта перебуває у стані глибокої трансформації, зумовленої стрімким розвитком інформаційних технологій, поширенням цифрових освітніх ресурсів і зміною пізнавальних запитів здобувачів освіти. Класична модель навчання фізики, що базується переважно на поясненні теорії, розв'язуванні типових задач і обмеженому наборі демонстраційних експериментів, дедалі частіше виявляється недостатньою для формування глибокого концептуального розуміння фізичних явищ.

Ключове протиріччя полягає в тому, що, з одного боку, сучасна фізика оперує складними абстрактними моделями та процесами (особливо в електродинаміці, квантовій фізиці, молекулярній фізиці, фізиці твердого тіла), а з іншого боку наявні традиційні засоби навчального експерименту не завжди дозволяють зробити ці процеси наочними, керованими й доступними для систематичного дослідження в аудиторії. Значна частина фізичних явищ є надто швидкоплинною, повільною або потребує складного й дорогого обладнання, що істотно обмежує можливості їх повноцінного вивчення.

У результаті викладач стикається з дидактичним викликом: необхідністю одночасно забезпечити засвоєння теоретичних знань, формування експериментальних умінь і розвиток наукового мислення. Віртуальне моделювання фізичних явищ потенційно здатне пом'якшити це протиріччя, однак його педагогічна ефективність не є автоматичною і значною мірою залежить від методики використання. Саме тому актуальним є науково-педагогічний аналіз впливу віртуального моделювання на якість навчання фізики.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблема використання комп'ютерного моделювання, симуляцій та віртуальних лабораторій у навчанні фізики на сучасному етапі ґрунтовно розглядається у працях українських і зарубіжних дослідників, які аналізують дидактичний потенціал цифрових технологій у природничій освіті. Зокрема Г.М. Брославська [3] у своїх дослідженнях підкреслює, що навчальні симуляції виступають ефективним засобом формування концептуального розуміння фізичних явищ, оскільки забезпечують наочну візуалізацію процесів і дозволяють організувати активну пізнавальну діяльність учнів і студентів. Авторка наголошує, що симуляції сприяють усвідомленню фізичного змісту законів і зменшенню формального засвоєння матеріалу, за умови їх методично обґрунтованого використання у структурі заняття.

У дослідженні Н.В. Подопрігори, Л.Є. Ковальова, Д.В. Соменко, Д.С. Чередник [4], присвяченому використанню цифрових технологій у лабораторному практикумі з дослідження γ -випромінювання, показано, що віртуальне моделювання та цифрові інструменти істотно активізують пізнавальну діяльність студентів. Автори доводять, що поєднання комп'ютерного моделювання з експериментальними завданнями підвищує рівень навчальної мотивації, сприяє розвитку аналітичного мислення та формує здатність інтерпретувати результати фізичного експерименту, навіть у випадках обмеженого доступу до складного лабораторного обладнання.

Практичний аспект упровадження новітніх технологій у фізичний практикум розкрито у роботах М.Є. Чернової [5], де проаналізовано досвід використання цифрових засобів під час виконання лабораторних робіт у технічних закладах вищої освіти. Дослідниця зазначає, що віртуальні та напіввіртуальні лабораторії дозволяють розширити спектр досліджуваних явищ, підвищити точність спостережень і забезпечити індивідуалізацію навчальної діяльності студентів. Водночас підкреслюється, що цифрові технології не повинні повністю замінювати реальний експеримент, а мають використовуватися як інструмент його доповнення та попередньої підготовки.

Зарубіжні дослідження також підтверджують ефективність віртуального моделювання у фізичній освіті. У роботі Hongbin Song [1], присвяченій оцінюванню віртуальної лабораторної платформи з квантової інформатики, показано, що цифрові лабораторії забезпечують доступність складних фізичних тем для студентів загальноосвітнього рівня та сприяють формуванню системного уявлення про абстрактні квантові процеси. Автор підкреслює, що віртуальне середовище дозволяє безпечно та багаторазово відтворювати експерименти, які неможливо реалізувати в традиційній аудиторії.

Окремий напрям сучасних досліджень представлений у роботі Yiping Zhao [2], де проаналізовано використання смартфонів як платформи для проведення лабораторних робіт з фізики. У дослідженні доведено, що смартфон-орієнтовані віртуальні та напівреальні лабораторії підвищують доступність фізичного експерименту, особливо в умовах дистанційного та змішаного навчання, і позитивно впливають на залученість студентів. Водночас автор звертає увагу на необхідність чіткого педагогічного проєктування таких лабораторій для уникнення поверхневого засвоєння матеріалу.

Таким чином, аналіз сучасних наукових джерел свідчить, що віртуальне моделювання та цифрові лабораторії є потужним інструментом підвищення якості навчання фізики, проте їх ефективність визначається не технологією як такою, а методикою її педагогічно виваженого застосування та поєднання з реальним фізичним експериментом.

Формулювання мети статті. Метою статті є теоретико-методичний аналіз педагогічного потенціалу моделювання фізичних явищ у віртуальному середовищі у контексті вищої та профільної середньої освіти, а також обґрунтування умов, за яких таке моделювання позитивно впливає на якість навчання фізики. Особлива увага приділяється зміні ролі викладача, трансформації структури навчального заняття та формуванню дослідницьких компетентностей здобувачів освіти.

Виклад основного матеріалу. Моделювання фізичних явищ у віртуальному середовищі доцільно розглядати не як альтернативу реальному експерименту, а як його дидактично вмотивоване та методично продумане розширення. Такий підхід дозволяє зберегти фундаментальні принципи експериментального навчання фізики і водночас подолати низку обмежень, притаманних традиційній лабораторній базі. З позиції викладача фізики, який системно інтегрує інформаційні технології в освітній процес, ключовою перевагою віртуальних моделей є можливість організації керованого експерименту з чітко визначеними параметрами, прозорою логікою їх зміни та прогнозованими межами

результатів. Це створює умови для цілеспрямованого дослідження явищ, яке в реальній лабораторії часто ускладнюється технічними або часовими обмеженнями.

Студент у віртуальному середовищі отримує змогу багаторазово варіювати параметри фізичної системи, спостерігати наслідки цих змін у реальному або прискореному часі та співвідносити отримані результати з теоретичними передбаченнями. Важливо, що такі дії не мають формального характеру, а супроводжуються аналізом причин і наслідків. Саме через цю аналітичну діяльність формується причинно наслідкове мислення, яке є базовим компонентом фізичної компетентності. Навчальна діяльність поступово наближається до логіки реального наукового дослідження, де перевірка гіпотез, аналіз результатів і уточнення моделей є невід'ємною частиною пізнавального процесу.

Віртуальні середовища виявляються особливо ефективними для подолання типових навчальних труднощів, з якими стикаються студенти під час вивчення фізики. У механіці вони дозволяють одночасно представити рух у графічній, векторній і аналітичній формах, що допомагає студентам усвідомити зв'язок між рівняннями руху та реальними траєкторіями тіл. В електродинаміці віртуальне моделювання сприяє подоланню уявлення про електричне і магнітне поле як суто абстрактну математичну конструкцію, оскільки студенти можуть спостерігати зміну просторової конфігурації полів у відповідь на варіацію зарядів або струмів. У молекулярній фізиці та термодинаміці цифрові моделі дозволяють конкретизувати статистичний характер макроскопічних величин, демонструючи зв'язок між мікроскопічним рухом частинок і спостережуваними фізичними параметрами.

Таким чином поступово зменшується розрив між математичною моделлю та її фізичним змістом. Студенти починають сприймати формули не як абстрактні символічні записи, а як узагальнений опис реальних процесів. Це має принципове значення для подолання формального засвоєння матеріалу, яке є однією з найпоширеніших проблем у навчанні фізики. Віртуальні моделі дозволяють зробити навчальний матеріал більш цілісним і внутрішньо узгодженим, що позитивно позначається на довготривалому збереженні знань.

З педагогічної точки зору особливо важливим є те, що віртуальні моделі підтримують активне та дослідницьке навчання. Студент перестає бути пасивним спостерігачем навчального процесу і переходить до ролі дослідника, який самостійно формулює гіпотези, планує серію експериментів, перевіряє свої припущення та аналізує отримані результати. Така діяльність відповідає сучасним конструктивістським підходам до навчання, згідно з якими знання не передаються у готовому вигляді, а формуються в процесі активної пізнавальної діяльності.

Водночас слід підкреслити, що без належного методичного супроводу дослідницька активність у віртуальному середовищі може набути поверхневого характеру. За відсутності чітко сформульованих навчальних завдань студенти нерідко обмежуються інтуїтивним маніпулюванням параметрами без глибокого аналізу результатів. Це може призводити до ілюзії розуміння, коли зовнішня наочність підмінює концептуальне осмислення. Саме тому роль викладача полягає не лише у наданні доступу до цифрових інструментів, а й у побудові методично вивіреної структури навчального дослідження.

Практичний досвід використання віртуального моделювання свідчить, що його педагогічно обґрунтоване застосування позитивно впливає на якість навчання за кількома взаємопов'язаними напрямками. По перше підвищується рівень концептуального розуміння фізичних законів і явищ, оскільки студенти мають змогу безпосередньо співвідносити теоретичні положення з результатами модельного експерименту. По друге зростає навчальна мотивація, адже інтерактивність і можливість самостійного дослідження роблять навчальний процес більш залученим і осмисленим. По третє формуються важливі універсальні навички аналізу даних, постановки гіпотез і критичного мислення, які мають значення не лише в межах курсу фізики.

Разом із тим надмірна орієнтація виключно на цифрові моделі може мати й негативні наслідки. Зокрема існує ризик недостатнього розвитку експериментальних умінь, пов'язаних із роботою з реальними вимірювальними приладами, оцінкою похибок і аналізом експериментальних обмежень. Віртуальні середовища зазвичай оперують ідеалізованими моделями, які не завжди відображають усю складність реальних фізичних систем. Тому використання симуляцій потребує постійного акцентування уваги студентів на межах застосовності моделей і відмінностях між модельним та реальним експериментом.

У цих умовах суттєво змінюється роль викладача фізики. Він перестає бути лише джерелом інформації та контролером знань і поступово стає організатором навчального дослідження, консультантом і методичним навігатором. Саме викладач визначає дидактичну мету використання конкретної моделі, добирає параметри для дослідження, формулює проблемні завдання та забезпечує рефлексію отриманих результатів. Така діяльність вимагає від нього належного рівня цифрової компетентності, глибокого розуміння фізичного змісту моделей і готовності витрачати додатковий час на проєктування занять.

Найвищий дидактичний ефект досягається за умови цілеспрямованої інтеграції віртуального моделювання з реальним експериментом. Використання симуляцій на підготовчому етапі лабораторної роботи дозволяє студентам сформулювати попередні очікування та краще зрозуміти фізичну сутність досліду. На узагальнювальному етапі віртуальні моделі сприяють глибшому аналізу результатів, порівнянню ідеалізованих і реальних даних та усвідомленню ролі похибок. У дистанційному та змішаному навчанні віртуальні середовища часто стають єдиним доступним інструментом експериментальної діяльності, забезпечуючи безперервність освітнього процесу і збереження практичної спрямованості курсу фізики.

Висновки. Моделювання фізичних явищ у віртуальному середовищі є ефективним засобом підвищення якості навчання фізики за умови його педагогічно вмотивованого й методично продуманого використання. Воно сприяє глибшому розумінню теоретичних положень, розвитку дослідницьких компетентностей і зростанню навчальної мотивації, водночас не усуваючи потреби в реальному експерименті.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробкою дидактичних моделей інтеграції віртуального та реального експерименту, вивченням впливу різних типів симуляцій на подолання концептуальних труднощів, а також із

дослідженням підготовки викладачів до ефективного використання цифрових інструментів у навчанні фізики.

Список використаних джерел

1. Hongbin Song. Evaluation of a Virtual Laboratory Platform in General Education on Quantum Information Science <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.23813>
2. Yiping Zhao. Smartphone-Based Undergraduate Physics Labs: A Comprehensive Review of Innovation, Accessibility, and Pedagogical Impact. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.11363>
3. Брославська Г.М. Використання симуляцій у навчанні фізики в закладах освіти. Наукові записки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. Педагогіка і психологія. № 1(5), 2025. <https://doi.org/10.32782/3041-1297/2025-1-18>
4. Подопригора Н.В., Ковальов Л.Є., Соменко Д.В., Чередник Д.С. Активізація пізнавальної діяльності студентів у лабораторному практикумі з дослідження γ-випромінювання засобами цифрових технологій. *Наукові записки. Серія: Проблеми природничо-математичної, технологічної та професійної освіти.* № 1, 2024. <https://doi.org/10.32782/cusu-pmtp-2024-1-8>
5. Чернова М. Є. Досвід запровадження новітніх технологій до виконання лабораторних робіт з курсу фізики у технічних ВНЗ. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук.* No 9. 2025. С. 54-61

kajtan.kt@gmail.com

Прийнято до редакції: 22.10.2025

Прийнято до друку: 27.11.2025

Опубліковано: 29.12.2025