

ІВАН ГРОД

ORCID ID: 0000-0002-0678-1456

grod@tnpu.edu.ua

доктор фізико-математичних наук, професор
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

ОЛЬГА ФЕДЧИШИН

ORCID ID: 0000-0003-3050-3584

olga.fedchishin.77@gmail.com

кандидат педагогічних наук, доцент
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

СЕРГІЙ МОХУН

ORCID ID: 0000-0001-7215-6977

mohun_sergey@ukr.net

кандидат технічних наук, доцент
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

ПАВЛО ЧОПИК

ORCID ID: 0000-0001-6631-078x

chip.ukraine@gmail.com

асистент
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

ІННА ГРОД

ORCID ID: 0000-0002-0785-2711

grodin@tnpu.edu.ua

кандидат фізико-математичних наук, доцент
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка, вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

ПОЄДНАННЯ ВІРТУАЛЬНОГО ТА НАТУРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТІВ ЯК ОСНОВА ДЛЯ ПІДТВЕРДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ СЕРЕДОВИЩ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Актуальності набуває питання віртуалізації процесу навчання фізики, яке обговорюється науковцями з точки зору розвитку віртуально орієнтованого навчального середовища. У дослідженнях науковців розглядаються різні аспекти проблеми. Загалом показано, що впровадження комп'ютерних технологій у практику навчання фізики є одним з напрямів підвищення ефективності навчального процесу. В той же час можемо констатувати, що не всі методичні питання, пов'язані з комп'ютеризацією навчання (і не лише фізики), розроблені досить детально, що ускладнює впровадження ІКТ у педагогічну практику, зокрема у систему навчального фізичного експерименту.

Можливості використання комп'ютерних моделей ще досліджені не повністю, тому перспективи подальших наукових розробок вбачаємо у поєднанні віртуального і натурального експериментів, яке стане основою для

підтвердження ефективності використання віртуальних лабораторій в освітньому процесі під час занять із комп'ютерного моделювання у фізиці.

У статті описано використання двох видів програмного забезпечення методом отримання комп'ютерної моделі фізичного явища: це віртуальна фізична лабораторія та розробка комп'ютерної моделі на мові програмування. При розробці віртуальних лабораторій дотримуємося твердих принципів: відповідність навчальній програмі, інтерактивність, доступність, автоматизація аналізу.

Дослідження зосереджено на порівнянні результатів навчання студентів, що використовують віртуальні лабораторії, та традиційних методів навчання. Аналіз показує, що інтеграція віртуальних експериментів дозволяє підвищити якість освіти, сприяє розвитку критичного мислення та навичок вирішення проблем. Отримані результати підтверджують, що віртуальні лабораторії можуть бути ефективним інструментом для поліпшення освітнього процесу в різних дисциплінах.

Дослідження підтверджує гіпотезу, що впровадження віртуальних лабораторій у викладання фізики сприяє формуванню компетентностей майбутніх спеціалістів та відповідає викликам сучасної освіти.

Ключові слова: віртуальні лабораторії, симуляції, комп'ютерний експеримент, модель, цифрові інструменти.

IVAN HROD

Doctor of Physical and Mathematical Sciences,

Professor

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

2 Maksyma Krivonosy Str., Ternopil

OLHA FEDCHYSHYN

Candidate of Pedagogical Sciences,

Associate Professor

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

2 Maksym Kryvonis Str., Ternopil

SERHII MOKHUN

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

2 Maksym Kryvonis Str., Ternopil

PAVLO CHOPYK

Lecturer

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

2 Maksym Kryvonis Str., Ternopil

INNA HROD

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,

Associate Professor

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

2 Maksyma Krivonosy Str., Ternopil

COMBINING VIRTUAL AND FULL-SCALE EXPERIMENTS AS A BASIS FOR CONFIRMING THE EFFECTIVENESS OF USING INTERACTIVE ENVIRONMENTS IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Relevance. The article raises the issue of modernization of education through the introduction of innovative technologies, in particular virtual laboratories, in the study of physics. The emphasis is on the need to overcome the limitations of traditional laboratory work due to the high cost of equipment and time costs. The importance of developing research skills in students is emphasized, which is a key aspect of modern education. The relevance of the use of STEM education is also emphasized.

Objective. To substantiate the effectiveness of using virtual laboratories in the educational process during classes on computer modeling in physics. To show that the introduction of virtual laboratories into physics teaching contributes to the formation of competencies of future specialists and meets the challenges of modern education.

Methods. Analysis of scientific literature on the use of virtual laboratories in teaching physics. Development and implementation of virtual laboratory work using the PhET, GeoGebra, Python, etc. platforms. Comparative analysis of the learning outcomes of students using virtual laboratories and those studying using traditional methods. Conducting

a survey of students to assess their level of interest in using virtual laboratories. Conducting a field experiment to study the oscillations of a mathematical pendulum in the laboratory. Comparison of the results of virtual laboratories with the results of a field experiment.

Results. The effectiveness of using virtual laboratories to improve the quality of education and develop research skills has been confirmed. It has been shown that virtual laboratories allow you to model complex physical phenomena and conduct experiments that cannot be carried out in real conditions. It has been found that the use of virtual laboratories helps to increase students' interest and motivation to study. The results of experiments are provided, which confirm the coincidence of the results of virtual laboratories with theoretical and real data. The data of a student survey were obtained, which confirm the high level of interest of students in this method. The advantages and disadvantages of using virtual laboratories are identified.

Conclusions. Virtual laboratories are a powerful tool for teaching physics, which allows you to optimize the process of learning the material and make it more accessible and interesting for students. Their implementation in computer modeling classes contributes to the development of practical skills and deepening of theoretical knowledge. In the future, the development of such laboratories may become a standard in the educational process.

Key words: virtual laboratories, simulations, computer experiment, model, digital tools.

Сучасна освіта все частіше звертається до інноваційних технологій для забезпечення ефективного навчання. Одним із перспективних напрямів є використання віртуальних лабораторій, які дозволяють студентам моделювати фізичні явища та експерименти за допомогою комп'ютерних засобів. Такі підходи особливо актуальні для занять із комп'ютерного моделювання у фізиці, де моделювання складних процесів забезпечує глибше розуміння теоретичних основ.

Синтетичні навчальні середовища, такі як віртуальні лабораторії, все частіше використовуються в педагогічній практиці, в усьому світі вищої освіти, як у професійному, так і в непрофесійному навчанні [15, с. 58].

Традиційні лабораторні роботи у фізиці вимагають значних матеріальних ресурсів, обладнання та часу для підготовки. Віртуальні лабораторії дозволяють уникнути цих обмежень, забезпечуючи доступ до імітацій широкого спектра фізичних явищ без необхідності використання фізичних приладів. Важливою перевагою є також можливість повторювати експерименти без обмежень у часі та ресурсах.

Метою створення віртуальних лабораторій на заняттях комп'ютерного моделювання у фізиці є забезпечення ефективного, доступного та інтерактивного навчання через моделювання фізичних явищ і експериментів. Основні цілі включають: *формування практичних навичок моделювання*: студенти отримують можливість працювати з фізичними моделями, аналізувати результати та робити висновки; *візуалізація складних концепцій*: за допомогою інтерактивних симуляцій студенти краще розуміють теоретичний матеріал; *економія ресурсів*: віртуальні лабораторії зменшують потребу в дорогому обладнанні й витратах на фізичні лабораторії; *підвищення зацікавленості та мотивації студентів до навчання завдяки інтерактивним засобам*: інтерактивний формат сприяє кращій мотивації до навчання; *розвиток дослідницьких навичок*: студенти вчаться працювати з даними, аналізувати їх і робити обґрунтовані висновки.

Це робить віртуальні лабораторії важливим інструментом для сучасної освіти у фізиці.

На сьогодні найбільш перспективним методом є STEM-освіта, бо саме інтеграція певних дисциплін в єдину систему навчання виявилася надзвичайно ефективною. Побудована на міждисциплінарному та прикладному підходах, STEM-освіта передбачає змішане освітнє середовище, у якому студенти оволодівають теоретичними знаннями та практичними навичками застосування наукових методів пізнання [23].

Останні дослідження підтверджують ефективність використання віртуальних лабораторій у навчанні фізики, особливо під час занять із комп'ютерного моделювання.

Під комп'ютерною візуалізацією частіше за все розуміють методику переведення абстрактних уявлень про об'єкти в геометричні образи, що надає можливість дослідникові спостерігати результати комп'ютерного моделювання явищ і процесів [2, с. 19].

Додатковим викликом, з яким зіткнулися викладачі фізики, стала інтеграція віртуальних лабораторій у навчальний процес. Останніми роками освіта, основана на дослідженні, довела свою ефективність, розширивши «традиційні» заняття та мотивуючи всіх бажаючих брати активну участь у науці [17, с. 159].

На сучасному етапі проблема навчального фізичного експерименту актуалізується внаслідок широкого запровадження в системі освіти взагалі, й зокрема у фізиці, інформаційно-комунікаційних техно-

логій, які не лише впливають на зміст, форми та методи навчання фізики, але і змінюють саме середовище навчання, яке набуває ознак віртуально орієнтованого [4, с. 1].

Питання розвитку та модернізації навчального фізичного експерименту знайшли своє відображення в працях О.І. Бугайова, В.О. Бузова, С.П. Величка, Г.М. Гайдучка, Є.В. Коршака, Д.Я. Костюкевича, В.Г. Нижника та багатьох інших.

Проблемі використання інформаційних технологій у процесі навчання, зокрема й фізики, присвячена достатня кількість наукових та науково-методичних праць і досліджень (С.П. Величко, М.І. Жалдак, Ю.О. Жук, В.Ф. Заболотний, Л.М. Наконечна, А.Н. Петриця, Ю.П. Рева, В.П. Сергієнко, І.О. Теплицький, М.І. Шут та інші)

Педагогічні дослідження свідчать про ефективність застосування онлайн-лабораторій у навчальному процесі [3, с. 153].

Нові технології мають великий потенціал, щоб полегшити розуміння та оцінку одного з найбільш абстрактних і складних шкільних предметів – фізики [21].

Процес виконання віртуальних лабораторних робіт практично ідентичний виконанню лабораторних робіт в реальних умовах. Використовується обладнання, установки та реактиви, аналогічні реальним. І практично єдина відмінність віртуальних лабораторних робіт від реальних, це те, що виконуються вони на комп'ютері [10, с. 282].

При проведенні роботи необхідно пам'ятати, що віртуальна модель відображає реальні процеси і явища в більш-менш спрощеному, схематичному вигляді, тому з'ясування питання, що насправді підкреслено в процесі, а що залишилося за кадром, може бути однією з форм завдання [7, с. 55].

Одним із перспективних напрямів розвитку інноваційних освітніх технологій є використання інтерактивних симуляцій у навчальному процесі. Впровадження в освітній процес інтерактивних симуляторів допоможе відтворити практичні експерименти, які не вийде відтворити матеріально через недоступність матеріалів або небезпеку проведення такого практичного заняття [8, с. 148].

На користь використання моделей і симуляцій при вивченні природничих наук свідчить не тільки висока ступінь їх наочності, а й те, що учні самі в таких високо інтерактивних моделях мають змогу «діяти», впливати на хід «експерименту», змінювати умови і його проведення, що викликає у них зацікавленість і схильність до експериментування, проведення реальних дослідів, проведення самостійних досліджень [1, с. 4].

Завдяки створенню віртуальних лабораторій студентам доступні дослідження, які неможливі в навчальній лабораторії [18, с. 98].

Альтернативне навчальне середовище, яким є віртуальна лабораторія, сприяє виникненню змістовного навчання. Воно набуває популярності багатьма способами: є численні навчальні програми, комп'ютерне моделювання, копіювання природних явищ та умов експерименту [12]

Зараз у всьому світі існує достатньо велика кількість комплектів віртуальних лабораторних робіт з фізики, створених у різних програмних середовищах. Серед них найбільш відомими є добірка робіт Phet, створена в університеті Колорадо [20], Open Source Physics [19], MerlotVirtual Lab [24], добірка віртуальних лабораторних робіт Мадридського технічного університету [25] та багато інших.

У процесі дослідження нами виокремлено недоліки при використанні віртуальних лабораторій, які обґрунтовано дослідниками.

На думку А. І. Салтикової та О. М. Завражної [5], головним недоліком є те, що за відсутності реальних дій у студентів не формуються вміння працювати з реальними приладами, здатність оцінити вплив зовнішніх факторів на результати вимірювань.

Такої ж думки дотримуються і Дж. Ма та Дж. В. Нікерсон [16], які вважають, що онлайн-лабораторії можуть ідеально доповнювати теоретичні курси, але не можуть замінити реальні лабораторні роботи і надати студентам необхідного експериментаторського досвіду.

Поряд з недоліками нами виокремлено і переваги віртуальної лабораторії.

Загальна думка полягає в тому, що симуляції та віртуальні лабораторії базуються на запитах, що сприяють вищому рівню мислення та запам'ятовування [14]. Фізичні лабораторії відображають традиційне навчання [13]. Віртуальні лабораторії розглядаються як недороге рішення для лабораторних експериментів. Експерименти, які були б надто дорогими (вартість приладів/обладнання чи витратних матеріалів), складними чи навіть небезпечними для роботи, можна безпечно відтворити у віртуальному середовищі, таким чином долаючи прогалини, виявлені в традиційних лабораторіях [22], [12]. Крім

того, значно скорочується час проведення експериментів і стають менш складними рутинні процедури обробки експериментальних результатів.

Пропонується більше можливостей для моделювання та візуалізації значної кількості складних наукових концепцій. Студенти розширюють свої знання про неспостережувані явища на молекулярному та атомному рівнях і набувають кращого концептуального розуміння [14]. Студенти стають більш позитивними щодо використання комп'ютерів для навчання. Вони вважають, що моделювання лабораторних завдань мотивує та дає багато досвіду [14]. Симуляція підтримує студентів у виконанні когнітивних завдань і покращує їхні процеси навчання [22].

Ефективність і результати лабораторних робіт оцінювали шляхом порівняння таких факторів: звітів студентів експериментальної групи зі звітами студентів контрольної групи та результатів тестування, яке мало на меті оцінити досягнення студентом цілей навчання (розвиток таких умінь, як аналіз якості результатів, інтерпретація та аналіз даних, дослідницькі навички) [11].

Не можна заперечувати той факт, що використання віртуальних лабораторій як інструмента яскраво підкреслюють роль дослідництва в науковій роботі, оскільки вимагає від виконавця не тільки освоєння, а і вміння його використати при розв'язуванні прикладних задач. В цьому плані освоєння комп'ютерних програм підтримки наукової діяльності певного напрямку відіграє позитивну роль в становленні майбутнього науковця [6, с. 346].

У роботах розглядаються різні аспекти проблеми. Загалом показано, що впровадження комп'ютерних технологій у практику навчання фізики є одним з напрямів підвищення ефективності навчального процесу. В той же час можемо констатувати, що не всі методичні питання, пов'язані з комп'ютеризацією навчання (і не лише фізики), розроблені досить детально, що ускладнює впровадження ІКТ у педагогічну практику, зокрема у систему навчального фізичного експерименту. Виходячи з означеного, актуальності набуває питання віртуалізації процесу навчання фізики, яке обговорюється науковцями з точки зору розвитку віртуально орієнтованого навчального середовища [4, с. 2].

Розглянуті джерела надають глибоке розуміння сучасних підходів та досліджень у сфері використання віртуальних лабораторій для навчання фізики. Вони охоплюють широкий спектр досліджень про ефективність віртуальних лабораторій, інтерактивних симуляцій і комп'ютерного моделювання у фізиці.

Мета наукової статті полягає в обґрунтуванні ефективності використання віртуальних лабораторій у навчальному процесі під час занять із комп'ютерного моделювання у фізиці.

Розглянемо інструменти для створення віртуальних лабораторій. На нашу думку найкращою за характеристиками та можливостями є платформа *PhET Interactive Simulations*, що пропонує готові інтерактивні симуляції для фізики та інших наук. Нею ми користуємося найчастіше. На другому місці *GeoGebra* – інструмент для моделювання та візуалізації фізичних явищ. *Python* із бібліотеками для наукових розрахунків (*Matplotlib*, *NumPy*, *SciPy*). Цей інструмент забезпечує простоту використання та широкий функціонал для моделювання. Ну і *Unity* або *Unreal Engine* – для створення тривимірних інтерактивних середовищ.

При розробці віртуальних лабораторій маємо дотримуватися твердих принципів: експерименти мають бути тісно пов'язані з теоретичним матеріалом, що вивчається (*відповідність навчальній програмі*); студенти повинні мати можливість змінювати параметри моделювання та спостерігати за результатами в режимі реального часу (*інтерактивність*); платформи для моделювання мають бути доступними для студентів із різними рівнями підготовки та технічними можливостями (*доступність*); система має надавати можливість автоматичного аналізу даних і створення звітів (*автоматизація аналізу*).

Методика впровадження віртуальних лабораторій включає:

1. *Вибір теми та постановка задачі.* Вибір тем і задач може включати: «Моделювання руху тіла під дією сили тяжіння», «Дослідження коливальних маятників», «Визначення залежності опору провідника від температури» та ін.

2. *Розробка моделі.* Використання обраного програмного забезпечення для створення інтерактивної симуляції.

3. *Інструктаж студентів.* Проведення вступного заняття, де пояснюється принцип роботи з віртуальною лабораторією.

4. *Проведення лабораторної роботи.* Студенти виконують експерименти, змінюючи параметри моделі та аналізуючи результати.

5. *Оцінювання результатів.* Студенти надають звіти про виконану роботу, які включають аналіз даних та висновки.

Приклад. Дослідження коливань математичного маятника. У цьому завданні студенти моделюють коливання математичного маятника. Завдання передбачає наступні кроки:

- *Постановка задачі.* Визначаємо, як змінюється період коливань маятника залежно від довжини нитки, маси вантажу та початкового кута відхилення. Робимо висновки про те, які параметри впливають на період і чому.

- *Налаштування моделі.* Відкриваємо віртуальну лабораторію та задаємо початкові параметри: довжину нитки, масу маятника та кут відхилення від вертикалі. Вибираємо середовище (наприклад, із врахуванням чи без врахування опору повітря).

- *Проведення симуляції.* Запускаємо симуляцію для заданих параметрів; спостерігаємо за рухом маятника та вимірюємо час, необхідний для виконання одного повного коливання (періоду); змінюємо один з параметрів (наприклад, довжину нитки) та повторюємо експеримент.

- *Аналіз даних.* Записуємо отримані дані в таблицю: довжина нитки, маса, початковий кут відхилення, період коливань; будуємо графік залежності періоду від довжини нитки; виявляємо закономірності (наприклад, підтвердження формули для періоду $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$).

- *Висновки та звіт.* Узагальнюємо отримані результати. Даємо відповіді на питання: Які параметри впливають на період коливань? Чому маса маятника та кут відхилення не впливають (у межах малих кутів) на період? Оформляємо звіт з графіками, таблицями та висновками. Оцінюємо відповідність експериментальних даних з теоретичними розрахунками.

Для проведення симуляції математичного маятника використано Python із бібліотеками Matplotlib та NumPy, щоб побудувати модель коливань і візуалізувати результати. Проведемо симуляцію для таких початкових умов: довжина маятника $L=1$ м, початковий кут відхилення $\theta_0=15^\circ$, прискорення вільного падіння $g=9.81$ м/с². Ціллю симуляції є визначення періоду коливань і побудова графіка зміни кута відхилення від часу.

Розширимо аналіз симуляцій математичного маятника, зосереджуючись на таких аспектах:

1. *Дослідження впливу кута відхилення на період коливань:* перевіримо, як залежить період T від кута відхилення θ_0 , враховуючи, що для малих кутів період не залежить від них (мале коливання), але для більших кутів з'являється нелінійність.

2. *Додавання опору середовища:* введемо тертя або опір повітря, який впливає на коливання, і порівняємо періоди та затухання з і без врахування опору.

3. *Визначення амплітуди в умовах затухання:* простежимо, як амплітуда змінюється з часом, якщо врахувати затухання (демонстрація експоненційного зменшення амплітуди).

План роботи:

1. Дослідимо період коливань для кількох значень початкових кутів ($\theta_0=5^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$).
2. Додамо в модель опір та повторимо симуляцію для одного зі значень кута.
3. Побудуємо графік залежності амплітуди від часу для затухаючих коливань (рис. 1).

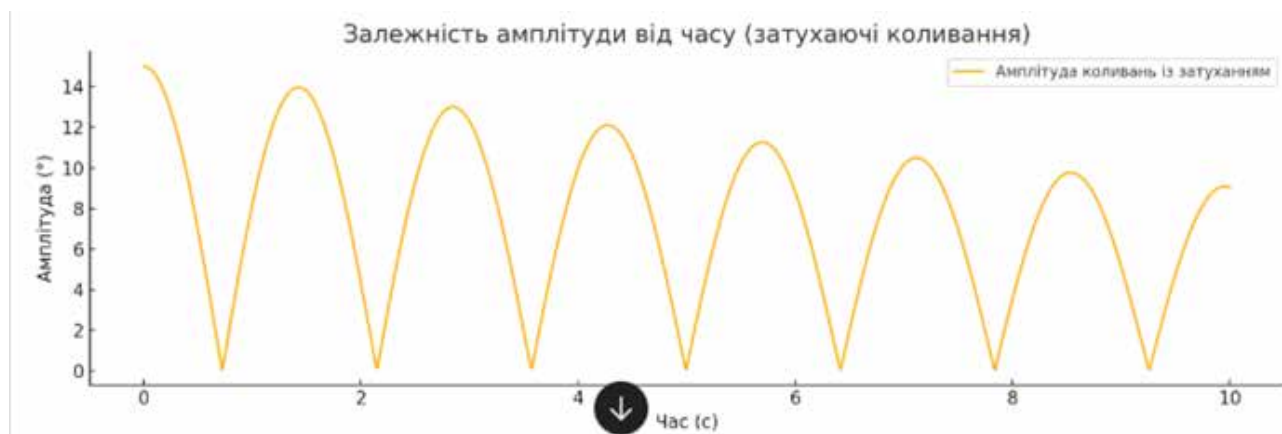


Рис. 1. Амплітуда демонструє експоненційне зменшення, що підтверджує реалістичність моделі із силою тертя. На графіку показано, як амплітуда зменшується з часом через дію опору (затухання амплітуди з часом для початкового кута $\theta_0=15^\circ$)

Результати розширеного аналізу [(5.0, 2.0020020020020017), (14.999999999999998, 2.0020020020020017), (29.999999999999996, 2.0420420420420418), (45.0, 2.0820820820820820)] показують вплив початкового кута на період (рис. 2): для малих кутів ($\theta_0 \leq 15^\circ$) період залишається практично сталим ($T \approx 2.00$ с для $L = 1.0$ м); для більших кутів ($\theta_0 = 30^\circ$ і 45°) період збільшується через нелінійність, що відповідає відхиленню від наближення малих коливань: для $\theta_0 = 30^\circ$ $T = 2.04$ с; для $\theta_0 = 45^\circ$ $T = 2.08$ с.

Для аналізу даних ми також перевірили залежність періоду T від довжини маятника L , яка теоретично визначається формулою $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$.

Симуляції були проведені для кількох значень довжини L (0.5 м, 1.0 м, 1.5 м). Для кожного L було визначено період коливань T (1.42, 2.00, 2.46). Експериментальні результати дуже близькі до теоретичних T (1.42, 2.01, 2.46), що підтверджує правильність симуляції.

Можливості використання комп'ютерних моделей ще досліджені не повністю, тому перспективи подальших наукових розробок вбачаємо у використанні моделей, зокрема PhET-симуляцій, в освітньому процесі для формування дослідницької компетентності здобувачів освіти [9, с. 23].

Тому розглянемо використання комп'ютерної симуляції «Лабораторія маятників» у середовищі PhET. Знову ж таки визначаємо, як змінюється період коливань маятника залежно від довжини нитки, маси вантажу та початкового кута відхилення, але дослідження проводимо вже у PhET-лабораторії.

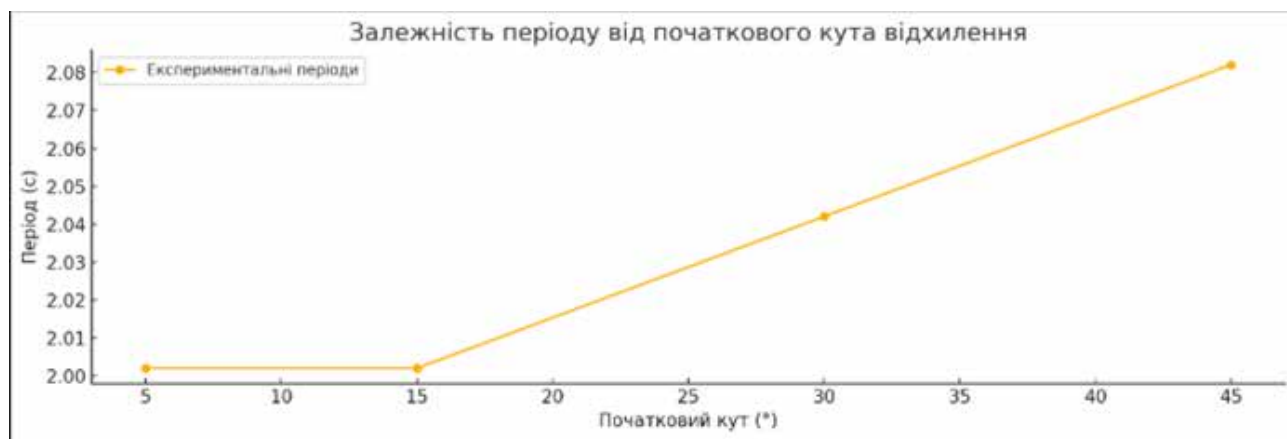


Рис. 2. Графік демонструє залежність періоду коливань T від початкового кута θ_0

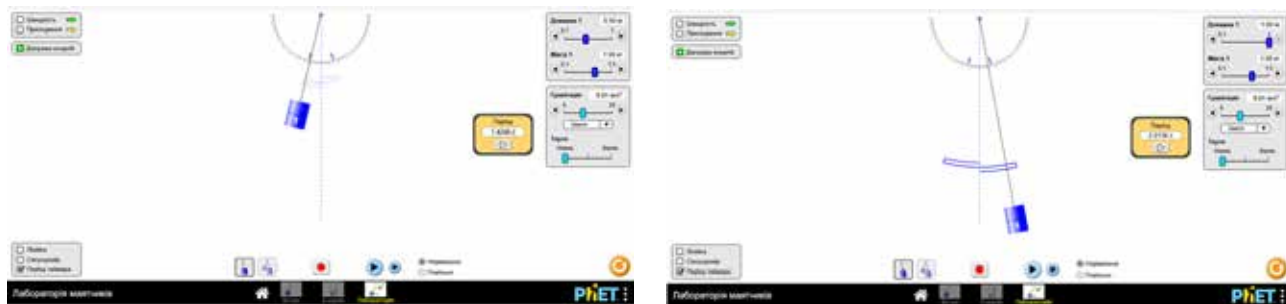


Рис. 3. Визначення періоду коливань математичного маятника в PhET-лабораторії для різних значень його довжини (початковий кут відхилення 15°)

Щоб переконатися у правильності створеної симуляції (Python із бібліотеками Matplotlib та NumPy) та симуляції, яку ми використали з переліку віртуальних лабораторій PhET, було проведено натурний експеримент з вивчення коливань математичного маятника в лабораторії. Порівняння результатів (таблиця 1, таблиця 2) дозволяє зробити висновок в надійності отриманих результатів.

Щоб проаналізувати рівень зацікавленості студентів такими розробками, було проведено опитування трьох груп, які вивчають математичне моделювання. Їм було запропоновано оцінити значущість даної методики від 1 до 10 балів.

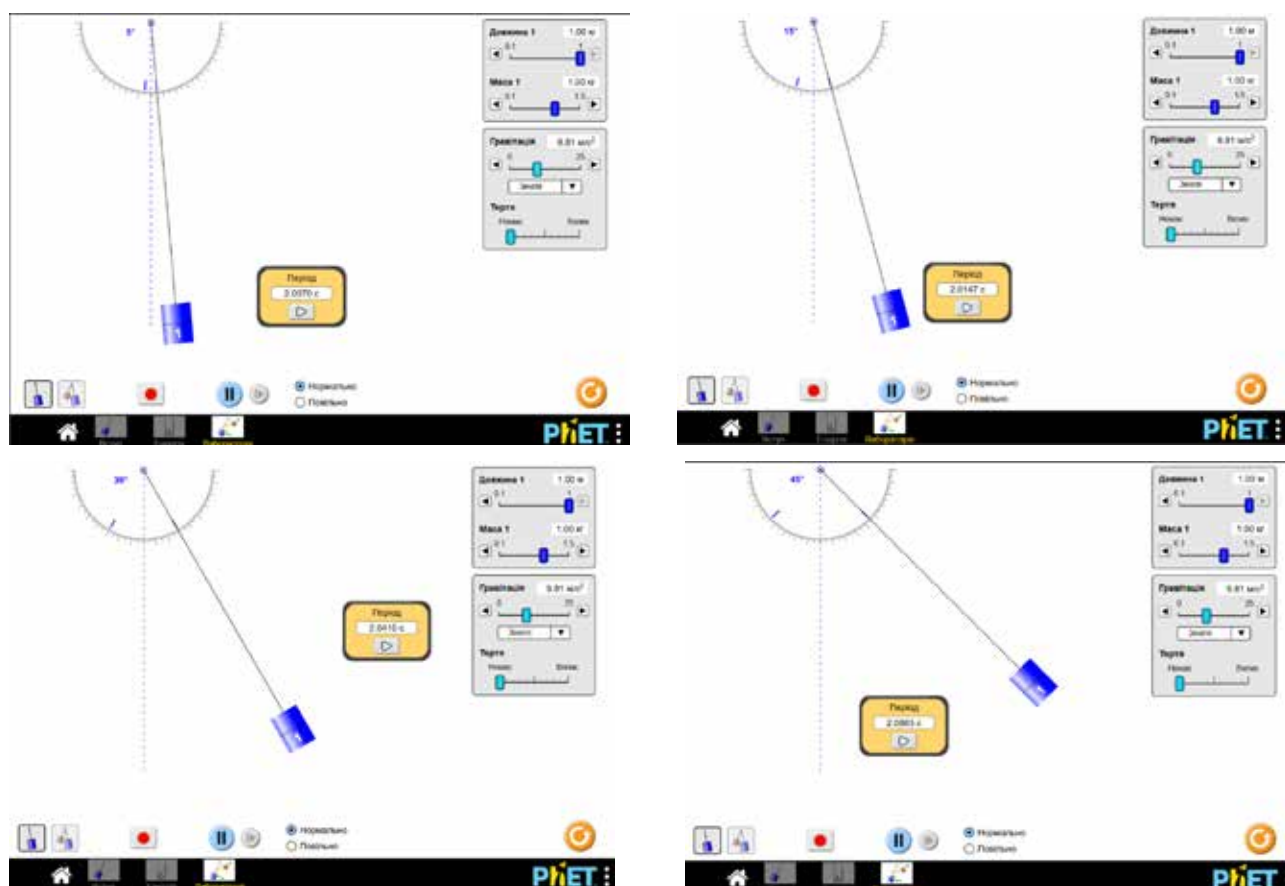


Рис. 4. Визначення періоду коливань математичного маятника в PhET-лабораторії для різних значень початкового кута відхилення (довжина маятника – 1 м)

Рівень зацікавленості трьох груп в оволодінні цифровими інструментами та вмінні їх ефективно використовувати в освітньому процесі відображено на рис. 5.

Використання комп'ютерного моделювання на уроках фізики стимулює навчальну та науково-пізнавальну діяльність, активізує творчу діяльність і позитивно впливає на успішність, розширює межі

Таблиця 1
Визначення періоду коливання математичного маятника (кут відхилення 15°)

Довжина математичного маятника, м	Період, с			
	За формулою $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$	Реальна модель	Лабораторія PhET	Симуляція Python
0,5	1,42	1,39	1,42	1,42
1,0	2,00	1,97	2,01	2,00
1,5	2,46	2,42		2,46

Таблиця 2
Визначення періоду коливання математичного маятника (довжина математичного маятника L = 1 м)

Кут відхилення, °	Період, с			
	За формулою $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$	Реальна модель	Лабораторія PhET	Симуляція Python
5	2,00	1,96	2,00	2,00
15		1,97	2,01	2,00
30		2,01	2,04	2,04
45		2,04	2,09	2,08

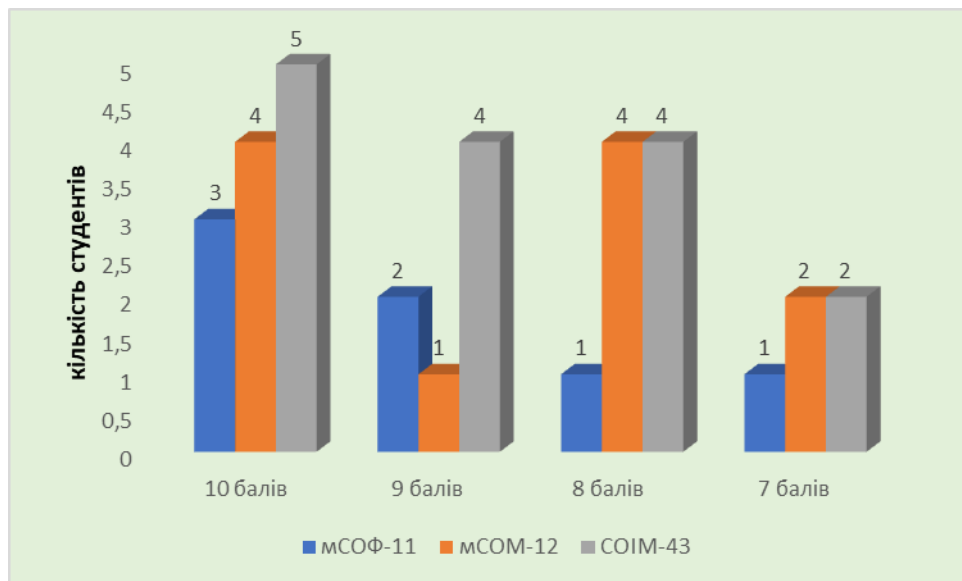


Рис. 5. Рівень зацікавленості студентів у використанні запропонованої методики

розуміння фізичних явищ і процесів, що відбуваються в навколишньому середовищі, а також дає можливість на вищому рівні зрозуміти природні явища, поняття, формули [9, с. 19].

Як відомо, розглядають переважно 4 типи програмного забезпечення за способом отримання комп'ютерної моделі фізичного явища або процесу: віртуальна фізична лабораторія; віртуальний фізичний світ; засоби чисельного моделювання фізичних процесів; розробка комп'ютерної моделі мовою програмування.

В статті розглянуто поєднання віртуальних та натурних експериментів як основу для підтвердження ефективності використання віртуальних лабораторій в освітньому процесі. В нашій роботі ми показали використання двох типів програмного забезпечення за способом отримання комп'ютерної моделі фізичного явища: це віртуальна фізична лабораторія та розробка комп'ютерної моделі мовою програмування. Дослідження зосереджено на порівнянні результатів навчання студентів, що використовують віртуальні лабораторії та традиційні методи навчання. Аналіз показує, що інтеграція віртуальних експериментів дозволяє підвищити якість освіти, сприяє розвитку критичного мислення та навичок вирішення проблем. Отримані результати підтверджують, що віртуальні лабораторії можуть бути ефективним інструментом для поліпшення освітнього процесу в різних дисциплінах.

Віртуальні лабораторії є потужним інструментом для навчання фізики, що дозволяє оптимізувати процес засвоєння матеріалу та зробити його більш доступним і цікавим для студентів. Їх впровадження у заняття з комп'ютерного моделювання сприяє розвитку практичних навичок і поглибленню теоретичних знань. У майбутньому розробка таких лабораторій може стати стандартом у освітньому процесі. Стаття покликана показати, що впровадження віртуальних лабораторій у навчання фізики сприяє формуванню компетенцій майбутніх фахівців і відповідає викликам сучасної освіти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дементієвська Н. П. Використання інтернет-ресурсів для навчального експерименту з курсу фізики середньої школи. *Електронне наукове фахове видання «Інформаційні технології і засоби навчання»*, 2012. № 3 (29). URL: <http://www.journal.iitta.gov.ua>.
2. Жук Ю. О., Соколюк О. М., Дементієвська Н. П., Слободяник О. В., Соколов П. К. Використання Інтернет технологій для дослідження природних явищ у шкільному курсі фізики: посібник за ред. Ю. О. Жука; Ін-т інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України. Київ: Атіка, 2014. 172 с.
3. Подласов С. О., Матвійчук О. В. Особливості проведення лабораторних робіт з фізики в технічному університеті під час дистанційного навчання. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2023. Том 93, №1. С. 152–162.
4. Сальник І. В. Інтеграція реального та віртуального навчального фізичного експерименту в старшій школі. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук. Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова. Київ, 2016. 40 с.

5. Салтикова А. І., Завражна О. М. Позитивні та негативні аспекти використання віртуальних лабораторних робіт під час навчання фізики в закладах вищої освіти. *Розвиток інтелектуальних умінь і творчих здібностей учнів та студентів у процесі навчання дисциплін природничо-математичного циклу «ІТМ*плюс – 2020»: матеріали III Міжнародної дистанційної науково-методичної конференції* (квітень – травень 2020 р.): Суми, 2020. С. 97–98.
6. Семеніхіна О. В., Шамо́ня В. Г. Віртуальні лабораторії як інструмент навчальної та наукової діяльності. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*. Суми: Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2011. № 1(11). С. 341–346.
7. Семеніхіна О., Юрченко А. Формування інформатичної компетентності вчителя математики і фізики на основі використання спеціалізованого програмного забезпечення. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Частина 3. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2015. Вип. 8. С.52–57.
8. Ткаченко В. М., Жадан О. С. Використання інтерактивних симуляцій на уроках фізики у старшій школі. *Збірник наукових праць фізико-математичного факультету ДДПУ*, 2024. Вип. 14. С. 148–153.
9. Федчишин О. М., Мохун С. В., Чопик П. І. Методичні основи використання Phet-симуляцій у процесі вивчення фізики. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: педагогіка*, 2022. № 1. С. 16–24.
10. Юрченко А. О., Хворостіна Ю. В. Віртуальна лабораторія як складова сучасного експерименту. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Педагогіка. Соціальна робота*. 2016. Вип. 2 (39). С. 281–283.
11. Ballantyne C. Multiple-Choice Tests: Test Scoring and Analysis, 2000. URL: <http://cleo.murdoch.edu.au/evaluations/pubs/mcq/scpre.html>
12. Basher H., Isa S. A. On-Campus and Online Virtual Laboratory Experiments with LabVIEW. *Conference Paper SoutheastCon*, 2006. DOI: 10.1109/second.2006.1629372
13. Basher H., Isa S. A. Laboratory experiments using NI ELVIS. *Conference: Southeastcon*, 2008. IEEE. DOI: 10.1109/SECON.2008.4494323
14. Gonzalez-Gomez D. et al. Automatic Web-Based Grading System: Application in an Advanced Instrumental Analysis Chemistry Laboratory. *Journal of chemical education*. 2013. 90(3). P. 308–314. DOI: 10.1021/ed3000815
15. Charlott Sellberg, Zeinab Nazari Mads Solberg. Virtual Laboratories in STEM Higher Education: A Scoping Review. *Nordic Journal of Systematic Reviews in Education*, 2024. Vol. 2, p. 58–75.
16. Ma J., Nickerson J. V. Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Computing Surveys*, 2006. Vol. 38, №. 3. doi: <https://doi.org/10.1145/1132960.1132961>
17. Loreta Juskaite. The impact of the virtual laboratory on the physics learning process. *Society. Integration. Education. Proceedings of the International Scientific Conference*, may 24th–25th, 2019. Vol. 5. P. 159–16.
18. Olena Tsvetkova, Olena Piatykov, Antonina Dzherenova, Olha Pronina, Tetiana Vakaliuk and Irina Fedosova. Development and implementation of virtual physics laboratory simulations for enhanced learning experience in higher education. Workshop on Cloud Technologies in Education, December 22, 2023. Kryvyi Rih, Ukraine. P. 98–110.
19. Open Source Physics. URL: <https://www.compadre.org/osp/>
20. PhET: Free online physics, chemistry, biology, earth science and math simulations. URL: <https://phet.colorado.edu/>
21. Selma Korlat, Helmut Hlavacs, Christiane Spiel, Marlene Kollmayer, Daniel Martinek, Christian Haider, Patrick Pazour. Phylab – a virtual reality laboratory for experiments in physics: a pilot study on intervention effectiveness and gender differences. *Original Research, Frontiers Psychol*, 19 February 2024 Sec. Educational Psychology, vol.15. doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1284597
22. Tatli Z., Ayas A. Effect of a Virtual Chemistry Laboratory on Students' Achievement. *Educational Technology Society*, 16, 2013. P. 159-170
23. Tsidylo I. M., Shevchyk L. O., Hrod I. M., Solonetska H. V., Shabaga S. B. A computer simulation of population reproduction rate on the basis of their mathematical models. *Journal of Physics: Conference Series*, 2022. 2288(1), 012014.
24. Virtual Labs. Merlot. URL: <https://virtuallabs.merlot.org/>
25. Daniel Fernández-Avilés, Diego Dotor, Daniel Contreras, Jose Carlos Salazar. Virtual labs: a new tool in the Education. *13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*. UNED, Madrid, Spain, February 2016. P. 271–272. URL: https://www.researchgate.net/publication/301529564_Virtual_labs_A_new_tool_in_the_education_Experience_of_Technical_University_of_Madrid

REFERENCES

1. Dementiyevs'ka, N.P. (2012). Vykorystannya internet–resursiv dlya navchal'noho eksperymentu z kursu fizyky sereďn'oyi shkoly [Using Internet resources for an educational experiment in a high school physics course]. *Informatsiyni tekhnolohiyi i zasoby navchannya*, № 3 (29) [in Ukrainian].

2. Zhuk, YU.O., Sokolyuk, O.M., Dementiyevs'ka, N.P., Slobodyanyk, O.V., & Sokolov, P. K. (2014). *Vykorystannya Internet tekhnolohiy dlya doslidzhennya pryrodnykh yavyschch u shkil'nomu kursi fizyky* [The use of Internet technologies for the study of natural phenomena in the school course of physics]: posibnyk za red. YU. O. Zhuka; In-t informatsiynykh tekhnolohiy i zasobiv navchannya NAPN Ukrayiny. Kyiv: Atika. 172 s. [in Ukrainian].
3. Podlasov, S.O., & Matviychuk, O.V. (2023). Osoblyvosti provedennya laboratornykh robot z fizyky v tekhnichnomu universyteti pid chas dystantsiynoho navchannya [Peculiarities of laboratory work in physics at a technical university during distance learning]. *Informatsiyni tekhnolohiyi i zasoby navchannya*, Tom 93, №1, 152–162 [in Ukrainian].
4. Sal'nyk, I.V. (2016). Intehratsiya real'noho ta virtual'noho navchal'noho fizychnoho eksperymentu v starshiy shkoli [Integration of real and virtual educational physics experiment in high school]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Natsional'nyy pedahohichnyy universytet imeni M.P.Drahomanova. Kyiv, 40 s. [in Ukrainian].
5. Saltykova, A. I., & Zavrazhna, O. M. (2020). Pozytyvni ta nehatyvni aspekty vykorystannya virtual'nykh laboratornykh robot pid chas navchannya fizyky v zakladakh vyshchoyi osvity. Rozvytok intelektual'nykh umin' i tvorchykh zbidnostey uchniv ta studentiv u protsesi navchannya dystsyplin pryrodnycho-matematychnoho tsykladu [Positive and negative aspects of the use of virtual laboratory works during the teaching of physics in institutions of higher education". Development of intellectual skills and creative abilities of pupils and students in the process of learning the disciplines of the natural and mathematical cycle] «ITM*plyus – 2020»: *materialy III Mizhnarodnoyi dystantsiynoyi naukovo-metodychnoyi konferentsiyi* (kviten' – traven' 2020 r., m. Sumy): Sumy. S. 97–98 [in Ukrainian].
6. Semenikhina, O. V., & Shamonya, V. H. (2011). Virtual'ni laboratorii yak instrument navchal'noyi ta naukovoyi diyal'nosti [Virtual laboratories as a tool of educational and scientific activity]. *Pedahohichni nauky: teoriya, istoriya, innovatsiyni tekhnolohiyi*. Sumy: Vyd-vo SumDPU imeni A. S. Makarenka. №1(11). S. 341–346 [in Ukrainian].
7. Semenikhina, O., & Yurchenko, A. (2015). Formuvannya informatychnoyi kompetentnosti vchytelya matematyky i fizyky na osnovi vykorystannya spetsializovanoho prohramnoho zabezpechennya [Formation of IT competence of the teacher of mathematics and physics based on the use of specialized software]. *Naukovi zapysky. Seriya: Problemy metodyky fizyko-matematychnoyi i tekhnolohichnoyi osvity*. Chastyna 3. Kirovohrad: RVV KDPU im. V. Vynnychenka. Vypusk 8. S. 52–57 [in Ukrainian].
8. Tkachenko, V. M., & Zhadan, O. S. (2024). Vykorystannya interaktyvnykh symulyatsiy na urokakh fizyky u starshiy shkoli [Using interactive simulations in high school physics lessons]. *Zbirnyk naukovykh prats' fizyko-matematychnoho fakul'tetu DDPU*. Vyp. 14 [in Ukrainian].
9. Fedchyshyn, O. M., Mokhun, S. V., & Chopyk, P. I. (2022). Metodychni osnovy vykorystannya Phet-symulyatsiy u protsesi vyvchennya fizyky [Methodological foundations of using Phet simulations in the process of studying physics]. *Naukovi zapysky Ternopil'skoho natsional'nogo pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka.. Seriya: pedahohika*. № 1. S. 16–24 [in Ukrainian].
10. Yurchenko, A. O., & Khvorostina, YU. V. (2016). Virtual'na laboratoriya yak skladova suchasnoho eksperymentu [Virtual laboratory as a component of a modern experiment]. *Naukovyy visnyk Uzhhorods'koho universytetu. Seriya: Pedahohika. Sotsial'na robota*. Vyp. 2 (39) [in Ukrainian].
11. Ballantyne, C. (2000). Multiple-Choice Tests: Test Scoring and Analysis. Retrieved from: <http://cleo.murdoch.edu.au/evaluations/pubs/mcq/scpre.html> [in English].
12. Basher, H., & Isa, S.A. (2006). On-Campus and Online Virtual Laboratory Experiments with LabVIEW. *Conference Paper SoutheastCon*. DOI: 10.1109/second.2006.1629372 [in English].
13. Basher, H., & Isa, S. A. (2008). Laboratory experiments using NI ELVIS. *Conference: Southeastcon*. IEEE. DOI: 10.1109/SECON.2008.4494323 [in English].
14. Gonzalez-Gomez, D. et al. (2013). Automatic Web-Based Grading System: Application in an Advanced Instrumental Analysis Chemistry Laboratory. *Journal of chemical education*, 90(3), 308–314. DOI: 10.1021/ed3000815 [in English].
15. Charlott Sellberg, & Zeinab Nazari Mads Solberg. (2024). Virtual Laboratories in STEM Higher Education: A Scoping Review. *Nordic Journal of Systematic Reviews in Education*, Volume 2, pp. 58–75 [in English].
16. J., Ma, & J. V., Nickerson. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Computing Surveys*, vol. 38, No. 3. doi: <https://doi.org/10.1145/1132960.1132961> [in English].
17. Loreta Juskaite. (2019). The impact of the virtual laboratory on the physics learning process. Society. Integration. Education. *Proceedings of the International Scientific Conference*. Vol. V, May 24th -25th. P. 159–16 [in English].
18. Olena Tsvetkova, Olena Piatykop, Antonina Dzherenova, Olha Pronina, Tetiana Vakaliuk & Irina Fedosova. Development and implementation of virtual physics laboratory simulations for enhanced learning experience in higher education. Workshop on Cloud Technologies in Education, December 22, 2023, Kryvyi Rih, Ukraine. P. 98–110 [in English].
19. Open Source Physics. Retrieved from: <https://www.compadre.org/osp/> [in English].
20. PhET: Free online physics, chemistry, biology, earth science and math simulations. Retrieved from: <https://phet.colorado.edu/> [in English].

21. Selma Korlat, Helmut Hlavacs, Christiane Spiel, Marlene Kollmayer, Daniel Martinek, Christian Haider, & Patrick Pazour. (2024). Phylab – a virtual reality laboratory for experiments in physics: a pilot study on intervention effectiveness and gender differences. Original Research, *Frontiers Psychol. Sec. Educational Psychology*, vol.15. doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1284597 [in English].
22. Tatli, Z., & Ayas, A. (2013). Effect of a Virtual Chemistry Laboratory on Students' Achievement. *Educational Technology Society*, 16, pp. 159–170 [in English].
23. Tsidylo, I. M., Shevchyk, L. O., Hrod, I. M., Solonetska, H. V., & Shabaga, S. B. (2022). A computer simulation of population reproduction rate on the basis of their mathematical models. *Journal of Physics: Conference Series*, 2288(1), 012014.
24. Virtual Labs. Merlot. Retrieved from: <https://virtuallabs.merlot.org/> [in English].
25. Daniel Fernández-Avilés, Diego Dotor, Daniel Contreras, & Jose Carlos Salazar. (2016). Virtual labs: a new tool in the Education. *13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*. UNED, Madrid, Spain. P. 271–272 Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/301529564_Virtual_labs_A_new_tool_in_the_education_Experience_of_Technical_University_of_Madrid [in English].