

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ

EFFECTIVENESS OF USING VIRTUAL LABORATORY WORKS IN MOLECULAR PHYSICS

У статті розглянуто актуальні виклики в освіті, спричинені пандемією COVID-19 та війною в Україні, що зумовили швидкий перехід до дистанційного та змішаного навчання. Наголошується на особливій гостроті питання викладання фізики з використанням експериментального методу в нових умовах та необхідності визначення оптимального співвідношення між комп'ютерними та натурними експериментами. Проаналізовано наявні українські навчальні матеріали, що стосуються віртуальних лабораторних робіт з фізики та виявлено обмеження, пов'язані з домінуванням функціоналу безкоштовного інтернет-ресурсу Phet.

Основною метою дослідження є демонстрація можливостей альтернативних віртуальних середовищ для реалізації навчального фізичного експерименту, зокрема у розділі «Молекулярна фізика», де мікроскопічна природа явищ є недоступною для безпосереднього спостереження. Представлено методичні рекомендації щодо виконання віртуальної лабораторної роботи «Визначення питомої теплоємності невідомої рідини методом електричного нагрівання» з використанням обраного альтернативного ресурсу.

За результатами проведеного анкетування серед здобувачів вищої освіти, виявлено яскраво виражений позитивний вплив використання віртуальних лабораторних робіт на якість навчання та мотивацію до вивчення фізики. Зокрема, 88% респондентів зазначили підвищення розуміння складних явищ, а 86% – підвищення мотивації. Зроблено висновок про високу ефективність та значну користь віртуальних лабораторних робіт як потужного інструменту для покращення розуміння матеріалу та підвищення зацікавленості здобувачів освіти. Визначено подальші перспективи наукових досліджень у напрямку розробки нових віртуальних лабораторних робіт та створення методичних посібників для їх ефективного використання.

Ключові слова: вища освіта, вчитель, фізика, віртуальні лабораторні роботи, дистанційна освіта.

The article discusses the current challenges in education caused by the COVID-19 pandemic and the war in Ukraine, which have led to a rapid transition to distance and blended learning. It highlights the particular urgency of teaching physics using experimental methods in the new conditions and the need to determine the optimal balance between computer and field experiments. It analyzes existing Ukrainian teaching materials related to virtual physics lab work and identifies limitations associated with the dominance of the free online resource Phet.

The main goal of the study is to demonstrate the capabilities of alternative virtual environments for conducting educational physics experiments, particularly in the section «Molecular Physics» where the microscopic nature of phenomena is not accessible for direct observation. Methodological recommendations are presented for performing the virtual laboratory work «Determination of the specific heat capacity of an unknown liquid by the method of electric heating» using the selected alternative resource. According to the results of a survey conducted among higher education students, the use of virtual laboratory work has a pronounced positive effect on the quality of education and motivation to study physics. In particular, 88% of respondents noted an increase in their understanding of complex phenomena, and 86% noted an increase in motivation. It was concluded that virtual laboratory work is highly effective and significantly beneficial as a powerful tool for improving understanding of the material and increasing the interest of students. Further prospects for scientific research in the direction of developing new virtual laboratory work and creating methodological guidelines for their effective use were identified.

Key words: higher education, teacher, physics, virtual laboratory work, distance learning.

УДК 378.52.43

DOI <https://doi.org/10.32782/ip/85.2.41>

Мохун С.В.,

канд. техн. наук, доцент,
завідувач кафедри фізики
та методики її навчання
Тернопільського національного
педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка

Дрогобицький Ю.В.,

канд. фіз.-мат. наук,
викладач кафедри фізики
та методики її навчання
Тернопільського національного
педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка

Басистий П.В.,

канд. техн. наук,
доцент кафедри фізики
та методики її навчання
Тернопільського національного
педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка

Постановка проблеми у загальному вигляді.

Пандемія COVID-19 та війна в Україні глибоко змінили не лише економіку, а й усі сфери життя, включно з освітою. Швидкий перехід до дистанційного та змішаного навчання став єдиним виходом для підтримки освітньої стабільності. Ця трансформація виявила системні проблеми: від цифрової неготовності вчителів та відсутності необхідної техніки до нестабільного Інтернету та браку якісних онлайн-матеріалів.

У відповідь на виклики країни світу обрали різні стратегії: від стабілізації наслідків (США, Канада) до інтенсивних реформ (Фінляндія, Сінгапур).

Особливо гостро в умовах дистанційного (змішаного) навчання стоїть питання викладання

фізики з використанням експериментального методу. Зростаюча роль комп'ютерних експериментів поряд із натурними вимагає нового підходу до визначення їхнього оптимального співвідношення та методології застосування, що досі залишається недостатньо вивченим.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз українського освітянського простору свідчить про наявність достатнього обсягу навчальних матеріалів, спрямованих на вирішення актуальних проблем імплементації віртуальних лабораторних робіт з фізики в освітній процес, особливо в контексті дистанційної та змішаної форм навчання [1-8].

Зазначені ресурси можуть бути адаптовані до освітніх цілей та використовуватися як повністю, так і частково під час очної форми навчання. Водночас, спостереження показують, що значна частина пропонованих інтерактивних комп'ютерних моделей розроблена з використанням функціоналу безкоштовного інтернет-ресурсу Phet [12]. Це зумовлює певні обмеження, оскільки зазначений ресурс не завжди забезпечує повноцінну віртуальну складову, необхідну для навчального фізичного експерименту.

Таким чином, основною метою даної статті є демонстрація можливостей альтернативних віртуальних середовищ для реалізації навчального фізичного експерименту в умовах змішаної та дистанційної форм навчання, а також аналіз ефективності їхнього використання в освітньому процесі.

Виклад основного матеріалу. Розділ «Молекулярна фізика» є ключовим для розуміння повсякденних явищ і дозволяє студентам поглибити знання про матерію, використовуючи теоретичні й експериментальні методи. Проте, вивчення багатьох об'єктів та процесів цього розділу – таких як молекули, ідеальний газ, цикл Карно, дифузія, броунівський рух, а також дослідів Перрена та Штерна – стикається з проблемою. Їх мікроскопічна природа або внутрішній механізм є недоступними для безпосереднього спостереження.

Хоча існують предметні моделі та демонстраційні експерименти, вони часто не дають можливості змінювати параметри в реальному часі чи здійснювати вимірювання. Більше того, навіть фізичний експеримент не дозволяє візуалізувати мікромеханізм або внутрішню структуру речовини. Це змушує студентів формувати абстрактні уявлення про мікросвіт, що ускладнює засвоєння теплових явищ, властивостей речовини та формування цілісного наукового світогляду. У таких випадках надійним інструментом для вчителя стають комп'ютерні моделі.

У нашому дослідженні пропонуємо, в залежності від форми навчання, поєднання-доповнення

лабораторних робіт віртуальним складником, використавши ресурс [13]. В цьому середовищі можна виконати кілька віртуальних лабораторних робіт з молекулярної фізики, зокрема: «Визначення питомої теплоємності невідомої рідини. Рівняння теплового балансу» [10], «Визначення питомої теплоємності невідомої рідини методом електричного нагрівання» [9], «Визначення питомої теплоємності твердого тіла» [11].

Наведемо методичні рекомендації щодо виконання віртуальної лабораторної роботи «Визначення питомої теплоємності невідомої рідини методом електричного нагрівання».

1. Розпочніть віртуальну лабораторну роботу «Electrical Determination of Specific Heat Lab», перейшовши на її початкову сторінку (див. рис. 1а). Вашим завданням буде спостерігати, як змінюється температура рідини в залежності від часу, протягом якого вона нагрівається електричним струмом. Зібрані дані дозволять вам розрахувати питому теплоємність невідомої рідини. Пам'ятайте, що в рамках цієї симуляції ми вважаємо систему ідеальною – вся електрична енергія переходить у тепло. Щоб розпочати експеримент, просто натисніть «Begin».

2. Перейшовши на наступну сторінку (рис. 2б), активуйте джерело живлення та відстежуйте зміни температури рідини протягом визначеного періоду. Необхідно занотувати показники напруги, сили струму та маси рідини в момент подачі живлення, після чого вимкнути його.

3. Увімкніть джерело живлення вдруге для продовження нагрівання рідини. Зверніть увагу, що таймер автоматично відновить відлік з моменту зупинки подачі енергії. Запишіть отримані кінцеві значення температури та загальної тривалості нагрівання невідомої рідини. Після цього вимкніть джерело живлення.

4. Виконайте описані в попередньому кроці дії щонайменше п'ять разів. Після цього ви зможете обчислити питому теплоємність невідомої рідини.

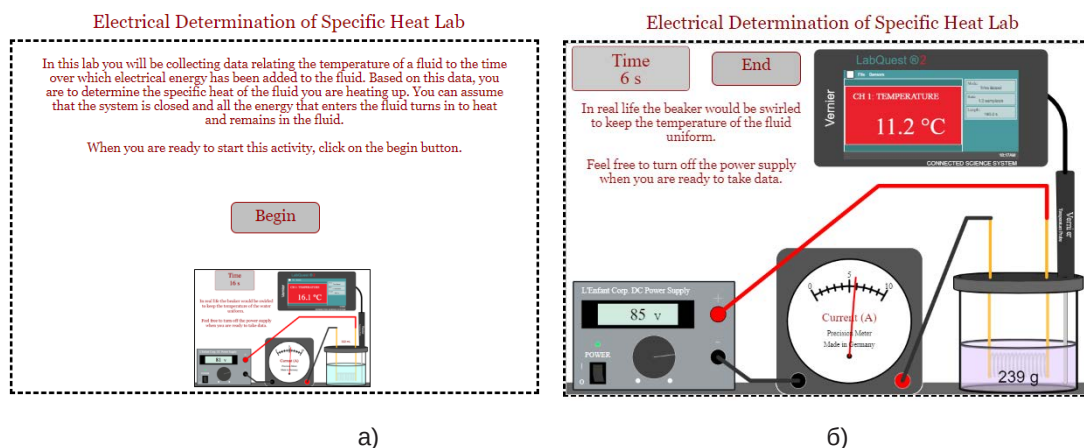


Рис. 1. Стартова сторінка (а) та сторінка виконання віртуальної роботи (б)

Як це зробити? Давайте разом застосуємо фундаментальні закони фізики! Нагадаємо, що змінити стан термодинамічної системи можна двома основними способами: через механічну роботу, виконану над системою, або шляхом теплообміну системи з навколишнім середовищем.

Крім механічної енергії, тіла також володіють внутрішньою енергією. Вона складається з кінетичної та потенціальної енергії молекул, що утворюють дане тіло. Саме внутрішня енергія визначає тепловий стан об'єкта. Зміна внутрішньої енергії тіла, що відбувається внаслідок передачі теплового руху молекул без участі зовнішніх сил, називається теплопередачею або теплообміном. Фізична величина, що є мірою цієї зміни внутрішньої енергії під час теплообміну, називається кількістю теплоти. Зв'язок між кількістю теплоти та зміною температури виражається так:

$$Q = cm\Delta t = cm(t_2 - t_1),$$

Виділене струмом тепло витрачається на нагрівання рідини, тому:

$$Q = IUt = cm(t_2 - t_1),$$

де I – сила струму, U – напруга, t – час протікання струму в секундах, m – маса невідомої рідини, c – питома теплоємність цієї рідини, t_1 – початкова температура рідини, t_2 – кінцева температура рідини після проходження струму.

Звідси питома теплоємність невідомої рідини (використовуємо дані, наведені на рис. 2):

$$c = \frac{IUt}{m(t_2 - t_1)} = \frac{3 \text{ A} \cdot 43 \text{ В} \cdot 20 \text{ с}}{0,290 \text{ кг} \cdot (16,2^\circ \text{C} - 11,5^\circ \text{C})} = 1893 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}.$$

Важливо підкреслити, що віртуальні лабораторні роботи не є повноцінною заміною справжньому фізичному експерименту. Вони слугують допоміжним інструментом або доповненням, особливо коли доступ до реального обладнання та

матеріалів обмежений, їх використання може бути небезпечним, або ж коли досліджувані явища чи процеси неможливо продемонструвати фізично.

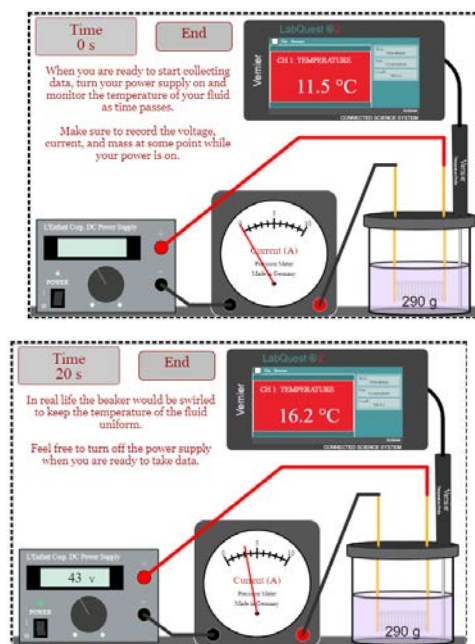


Рис. 2. До визначення питомої теплоємності невідомої рідини

За результатами проведеного анкетування серед 50 здобувачів освіти, спостерігається яскраво виражений позитивний вплив використання віртуальних лабораторних робіт на якість навчання та мотивацію до вивчення фізики (рис. 3). Ці дані переконливо свідчать про те, що віртуальні лабораторії є ефективним інструментом для візуалізації та осмислення тем, які важко або неможливо продемонструвати за допомогою реального експерименту. Також результати опитування

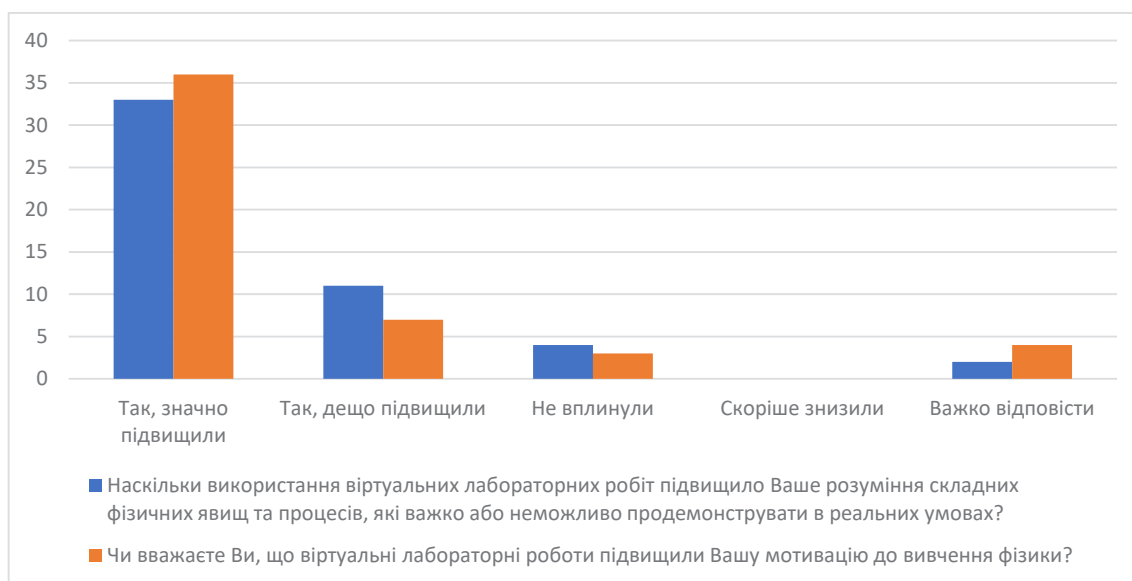


Рис. 3. Результати анкетування здобувачів вищої освіти

демонструють, що інтерактивний та сучасний формат віртуальних робіт робить процес навчання фізики більш захопливим, цікавим та спонукає студентів до активнішої пізнавальної діяльності.

Результати анкетування однозначно підтверджують високу ефективність та значну користь віртуальних лабораторних робіт в освітньому процесі. Вони є потужним інструментом для покращення розуміння складного матеріалу, а також для значного підвищення зацікавленості та мотивації здобувачів освіти до вивчення фізики. Ці дані переконливо обґрунтовують доцільність подальшого широкого впровадження та розвитку віртуальних лабораторних робіт як невід'ємної частини сучасного освітнього процесу.

Висновки і подальші перспективи в цьому напрямку. Впровадження та розвиток віртуальних лабораторних робіт – це не просто тренд, а об'єктивна необхідність у сучасній освіті, яка відповідає викликам цифрової епохи та сприяє підготовці висококваліфікованих, мотивованих та інноваційних педагогів.

Перспективи подальших наукових досліджень вбачаємо у розробці нових віртуальних лабораторних робіт для інших розділів фізики, які імітують реальні науково-дослідні комплекси, дозволяючи студентам виконувати серії взаємопов'язаних експериментів та створенні методичних посібників для викладачів щодо ефективного використання віртуальних лабораторних робіт.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Грод Ів.М., Федчишин О.М., Мохун С.В., Чопик П.І., Грод Ін.М. Поєднання віртуального та натурального експериментів як основа для підтвердження ефективності використання інтерактивних середовищ в освітньому процесі. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер.: Педагогіка.* 2025. № 1. С. 31-42.
2. Дементієвська Н.П., Соколюк О.М. Віртуальні лабораторні роботи з фізики з використанням інтерактивних комп'ютерних моделювань: збірник навчальних матеріалів. Київ: ІЦО НАПН України, 2022. 157 с.
3. Курась К.О., Дрогобицький Ю.В. Віртуальний та реальний фізичний експеримент в сучасній освіті. *Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології, природничих наук в контексті вимог Нової української школи: матеріали V міжнар. наук.-практ. конф. Тернопіль, 18-19 травня 2023 р.* С. 287-290.
4. Мохун С. В., Федчишин О. М. Використання віртуальних фізичних моделей в умовах дистанційного навчання. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи: матеріали VI міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. Тернопіль, 12-13 листопада 2020 р.* С. 139-142.
5. Підгорний О.В. Віртуальні платформи для проведення лабораторних робіт з фізики в умовах дистанційного навчання. *Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології та природничих наук у контексті вимог Нової української школи: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф. Тернопіль, 26-27 травня 2022 р.* С. 257-259.
6. Пономарьова Н.О., Сидоренко О.В., Грановська Т.Я., Борисенко К.В. Лабораторні роботи з фізики та хімії у підготовці майбутніх учителів в умовах дистанційного навчання. *Новий Колегіум.* 2023. № 3. С. 88-93.
7. Фізика нова. URL: <https://www.fizikanova.com.ua/virtualni-laboratorni-roboty> (дата звернення: 25.07.2025).
8. 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. Сер.: Педагогіка.* 2022. № 1. С. 16-24.
9. Electrical Determination of Specific Heat Lab. URL: <https://www.thephysicsaviary.com/Physics/Programs/Labs/ElectricalDeterminationOfSpecificHeatLab/> (дата звернення: 25.07.2025).
10. Guided Specific Heat Lab. URL: <https://www.thephysicsaviary.com/Physics/Programs/Labs/SpecificHeatGuidedLab/> (дата звернення: 25.07.2025).
11. Guided Specific Heat of Solid Lab. URL: <https://www.thephysicsaviary.com/Physics/Programs/Labs/SpecificHeatSolidGuidedLab/> (дата звернення: 25.07.2025).
12. Interactive Simulations for Science and Math. URL: <https://phet.colorado.edu/> (дата звернення: 25.07.2025).
13. The Physics Aviary. URL: www.thephysicsaviary.com (дата звернення: 25.07.2025).