

Scientific journal
PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION
 Has been issued since 2013.

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
 Видається з 2013.



p-ISSN 2413-1571
 e-ISSN 2413-158X

DOI: 10.31110/2413-1571
<https://fmo-journal.org/>

DOI 10.31110/2413-1571-2023-038-2-008

УДК 53-021.131-028.77: 378.018.43

**ВІРТУАЛЬНИЙ ФІЗИЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ
 ЯК ЗАСІБ УДОСКОНАЛЕННЯ
 ФАХОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ
 ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ
 В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ**

Ольга ФЕДЧИШИН ✉

Тернопільський національний педагогічний університет
 імені Володимира Гнатюка, Україна
 olga.fedchishin.77@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3050-3584>

Сергій МОХУН

Тернопільський національний педагогічний університет
 імені Володимира Гнатюка, Україна
 mohun_sergey@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0001-7215-6977>

Павло ЧОПІК

Тернопільський національний педагогічний університет
 імені Володимира Гнатюка, Україна
 chip.ukraine@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6631-078x>

**A VIRTUAL PHYSIC EXPERIMENT
 AS A MEANS OF IMPROVING
 THE PROFESSIONAL COMPETENCIES
 OF STUDENTS IN THE CONDITIONS
 OF DISTANCE EDUCATION**

Olha FEDCHYSHYN ✉

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National
 Pedagogical University, Ukraine
 olga.fedchishin.77@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3050-3584>

Serhii MOKHUN

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National
 Pedagogical University, Ukraine
 mohun_sergey@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0001-7215-6977>

Pavlo CHOPYK

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National
 Pedagogical University, Ukraine
 chip.ukraine@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6631-078x>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Проблема проведення якісного фізичного експерименту у закладах освіти на сьогодні є надзвичайно актуальною. Сучасна система освіти неможлива без активного використання цифрових технологій, онлайн-сервісів і платформ. Тому в освітній діяльності активно використовується нова форма наочності – віртуальна, яка є ефективною у випадку доповнення реального фізичного експерименту. Використання віртуального фізичного експерименту активізує пізнавально-пошукову діяльність здобувачів освіти, але лише поєднання віртуального та реального експерименту забезпечує якісний результат під час навчання фізики. Тому одним із основних завдань у процесі підготовки майбутніх учителів фізики є пошук оптимальних форм і методів інтегрування реального та віртуального експериментів, що сприятимуть удосконаленню фахових компетентностей здобувачів освіти.

Матеріали і методи. З метою з'ясування стану дослідженості проблеми в педагогічній теорії та практиці використано: теоретичні методи – аналіз, порівняння, систематизація та узагальнення навчально-методичних, наукових та прикладних джерел, електронних ресурсів з проблеми дослідження.

Результати. Розглянуто дидактичні та методичні можливості віртуального фізичного експерименту як засобу удосконалення фахових компетентностей здобувачів освіти. У дослідженні запропоновано виконання лабораторної роботи «Визначення індуктивності котушки методом використання явища самоіндукції при замиканні кола». В якості середовища для моделювання електричних схем використано програмне забезпечення Proteus від Labcenter Electronics. Представлено результати опитування студентів щодо ефективності використання віртуального експерименту в освітній діяльності.

Висновки. Використання віртуального фізичного експерименту в освітньому процесі забезпечує реалізацію експериментальної методу навчання фізики в умовах дистанційного навчання, формування дослідницьких умінь та навичок, застосування набутих знань у практичній діяльності, значно розширює можливості залучення здобувачів освіти до пізнавально-пошукової діяльності.

ABSTRACT

Formulation of the problem. The problem of conducting a high-quality physics experiment in educational institutions is extremely relevant today. A modern education system is impossible without the active use of digital technologies, online services, and platforms. Therefore, a new form of visualization is actively used in educational activities - virtual, which is effective when supplementing a real physics experiment. The use of a virtual physics experiment activates the cognitive and research activities of students, but only a combination of a virtual and a real experiment provides a high-quality result during physics education. Therefore, one of the main tasks in the process of training future physics teachers is the search for optimal forms and methods of integration of real and virtual experiments, which will contribute to the improvement of the professional competencies of the students.

Materials and methods. In order to clarify the state of investigation of the problem in pedagogical theory and practice, the following theoretical methods were used - analysis, comparison, systematization, and generalization of educational and methodological, scientific and applied sources, and electronic resources on the research problem.

Results. The didactic and methodical possibilities of the virtual physics experiment as a means of improving the professional competencies of the students of education were considered. In the research, it is proposed to carry out the laboratory work "Determination of coil inductance by the method of using the phenomenon of self-induction when closing a circuit". Proteus software from Labcenter Electronics was used as an environment for modeling electrical circuits. The results of a student survey on the effectiveness of using a virtual experiment in educational activities are presented.

Conclusions. The use of a virtual physics experiment in the educational process ensures the implementation of the experimental method of teaching physics in the conditions of distance learning, the formation of research abilities and skills, and the application of acquired knowledge in practical activities, significantly expands the possibilities of engaging students in cognitive and research activities, activates their independent activities. The virtual physics experiment contributes to the formation and improvement of the general and professional competencies of the students.

Федчишин О., Мохун С., Чопик П. Віртуальний фізичний експеримент як засіб удосконалення фахових компетентностей здобувачів освіти в умовах дистанційного навчання. *Фізико-математична освіта*, 2023. Том 38. № 2. С. 50-55. DOI: 10.31110/2413-1571-2023-038-2-008

Для цитування:

Федчишин, О., Мохун, С., & Чопик, П. (2023). Віртуальний фізичний експеримент як засіб удосконалення фахових компетентностей здобувачів освіти в умовах дистанційного навчання. *Фізико-математична освіта*, 38(2), 50-55. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-2-008>

Fedchyshyn, O., Mokhun, S., & Chopyk, P. (2023). A virtual physics experiment as a means of improving the professional competencies of students in the conditions of distance education. *Physical and Mathematical Education*, 38(2), 50-55. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-2-008>

For citation:

Fedchyshyn, O., Mokhun, S., & Chopyk, P. (2023). Virtualnyi fizychnyi eksperyment yak zasib udoskonalennia fakhovykh kompetentnosti zdobuvachiv osvity v umovakh dystantsiinoho navchannia [A virtual physics experiment as a means of improving the professional competencies of students in the conditions of distance education]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 38(2), 50-55. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-2-008>

активізує їх самостійну діяльність. Віртуальний фізичний експеримент сприяє формуванню та удосконаленню загальних та фахових компетентностей здобувачів освіти.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: віртуальний фізичний експеримент; освітній процес; фахові компетентності; дистанційне навчання; Proteus.

KEYWORDS: virtual physic experiment; educational process; professional competencies; distance education; Proteus.

ВСТУП

Постановка проблеми. Актуальною проблемою сучасної педагогічної освіти є підготовка компетентного фахівця. Це значною мірою стосується і підготовки вчителів фізики у закладах вищої освіти в умовах дистанційного навчання. Як показує досвід, здійснити професійну підготовку майбутніх вчителів природничих дисциплін – вчителів нової генерації готових до організації різних форм освітнього процесу, у тому числі, дистанційної надзвичайно складно, оскільки існує низка об'єктивних і суб'єктивних факторів, суперечностей, що викликані суспільними перетвореннями, технічними здобутками тощо. Сучасна система освіти неможлива без активного використання цифрових технологій, онлайн-сервісів і платформ. Відповідно активно в освітній діяльності використовується нова форма наочності – віртуальна, яка є ефективною у випадку доповнення реального фізичного експерименту. Використання реального або віртуально фізичного експериментів безумовно активізують пізнавальну діяльність здобувачів освіти, але лише їх поєднання приносить бажаний результат під час навчання фізики. Тому одним із основних завдань, які ставляться у процесі підготовки майбутніх учителів фізики є пошук оптимальних форм і методів інтегрування реального та віртуального експериментів, що сприятимуть наочності та доступності сприйняття матеріалу, а також удосконаленню фахових компетентностей здобувачів освіти.

На фізико-математичному факультеті Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка підготовка майбутніх учителів фізики на бакалаврському рівні вищої освіти здійснюється за освітніми програмами: Середня освіта (Фізика, інформатика, основи робототехніки), Середня освіта (Фізика, англійська мова і література); на магістерському рівні – за освітньою програмою Середня освіта (Фізика, математика)

Фахові (спеціальні) компетентності здобувачів освіти першого та другого рівнів вищої освіти спеціальності 014 Середня освіта за предметною спеціальністю 014.08 Середня освіта (Фізика), за відсутності Державного стандарту професійної підготовки фахівців цієї спеціальності, представлені в Освітніх програмах (https://tnpu.edu.ua/about/public_inform/akredytatsiia%20ta%20litsenzuvannia/osvitni_prohramy/bakalavr/fizmat/014.08_r_2021.pdf), розроблених групою викладачів кафедри фізики та методики її навчання Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.

У підготовці майбутніх учителів фізики важливою є якісна організація та проведення навчального фізичного експерименту. Освітній процес в умовах дистанційного навчання вимагає оновлених підходів до змісту, методів і засобів навчання. Тому пріоритетним завданням методики навчання фізики є використання віртуального фізичного експерименту для удосконалення фахових компетентностей здобувачів освіти

Метою статті є обґрунтування доцільності використання віртуального фізичного експерименту як засобу удосконалення фахових компетентностей здобувачів освіти.

Аналіз попередніх досліджень. Аналіз літературних джерел засвідчив, що означеній проблемі присвячено праці як зарубіжних та вітчизняних науковців. Застосування віртуального фізичного експерименту як засобу формування в учнів наукової картини світу висвітлено у роботах Н. Куриленко, С. Меньялова, І. Сліпухіної, І. Чернецького (Slipukhina et al., 2019). Проблеми підготовки вчителя фізики до використання на уроках віртуального фізичного експерименту досліджувала В. Шарко (Шарко, 2013).

Питання комп'ютеризації експериментально-дослідницької роботи з фізики, моделюванням віртуального фізичного експерименту неодноразово порушувалися у наукових і навчально-методичних працях В. Заболотного, М. Головка, В. Мацюка Ю. Жука, М. Моклюка, О. Желюка, О. Соколюк, М. Шута, П. Атаманчука, В. Мендерецького, Ю. Федорової, І. П'яних, В. Клятченка, А. Петриці, Н. Сосницької, С. Величка та ін. Формування предметної компетентності засобами ІКТ розглядали Н. Баловсяк, Л. Карпова, О. Слободяник, О. Ліскович, О. Пінчук, В. Шарко; дистанційні технології у навчанні фізики – М. Моклюк; питання активізації пізнавальної діяльності та розвиток творчих здібностей засобами ІКТ в процесі навчання фізики – В. Краснополський, Н. Литкіна, А. Сільвейстр., І. Теплицький); використання комп'ютерів у самостійній роботі з фізики – Ю. Рева, Ю. Жук; організацію навчальної діяльності у комп'ютерно-орієнтованому навчальному середовищі та проектування інформаційно-освітнього середовища досліджували М. Головка, Ю. Жук, О. Іваницький, О. Соколюк; проблеми оптимізації використання ІКТ у навчанні фізики – Л. Непорожня, Р. Майер, А. Петриця, Є. Самойлова; використання інформаційних технологій у шкільному навчальному експерименті – П. Величко, В. Ізвозчиков, Л. М. Наконечна, Н. Сосницька та ін. (Головка та ін., 2015; Сальник, 2014). С. Подласов та О. Матвійчук досліджували особливості організації та проведення лабораторних робіт у дистанційному форматі (Podlasov & Matviichuk, 2023). У наукових доробках (Wong et al., 2020; Named & Aljanazrah, 2020) висвітлено переваги та ефективність застосування онлайн-лабораторій в освітньому процесі. У роботах (Named & Aljanazrah, 2020; Husnaini & Chen 2019; Chang et al., 2008; Hasan et al., 2017) досліджено, що застосування різних програмних ресурсів для моделювання фізичних процесів забезпечує підвищення якості знань здобувачів освіти, формування фахових знань та умінь, якісніше розуміння фізичних концепцій. Окремі дослідники (Ma & Nickerson, 2006) вважають, що онлайн-лабораторії ідеально доповнюють теоретичні курси, але не замінюють реальні лабораторні роботи та не забезпечують набуття студентами досвіду експериментальної діяльності.

Проблема професійної підготовки вчителя постійно знаходиться у центрі уваги науковців, дослідників та методистів. Проблеми формування професійної підготовки вчителів фізики присвячені роботи П. Атаманчука, І. Богданова, С. Гончаренка, А. Касперського, Н. Ничкало, В. Суса, В. Сергієнка, М. Шута та ін. У науковому дослідженні (Samoylenko et al., 2021) автори представляють розроблену комплексну модель розвитку компетентності, призначену для використання

в професійній підготовці вчителів, в тому числі, в умовах дистанційного навчання. Компетентності фахівців різних професій досліджено у науково-методичних працях В. Заболотного, Н. Масюкової, Л. Мітіної, П. Самойленка, О. Сергєєва, О. Смірної, В. Стрельнікова, В. Шарко та ін. (Іваницький, 2018).

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

З метою з'ясування стану дослідженості проблеми в педагогічній теорії та практиці використано: теоретичні методи – аналіз, порівняння, систематизація та узагальнення навчально-методичних, наукових та прикладних джерел, електронних ресурсів з проблеми дослідження.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В умовах дистанційного навчання актуальності набуває застосування віртуального фізичного експерименту. Виконання лабораторних робіт є обов'язковою частиною навчального процесу з фізики. У процесі вивчення курсу «Загальної фізики» на бакалаврському рівні вищої освіти передбачено виконання лабораторної роботи «Визначення індуктивності котушки методом використання явища самоіндукції при замиканні кола». Метою роботи є ознайомитись з явищем самоіндукції, навчитися визначати індуктивність котушки методом використання явища самоіндукції при розмиканні кола.

В якості середовища для моделювання електричних схем ми використали програмне забезпечення Proteus від Labcenter Electronics (<https://www.labcenter.com/>). Proteus об'єднує у собі інструменти для моделювання схем, PCB-проекування, симуляції і аналізу електричних сигналів, що дозволяє зробити весь процес проектування електронних пристроїв більш ефективним.

Програма є потужним інструментом для моделювання схем, який має наступні переваги порівняно з аналогами: має інтуїтивний інтерфейс користувача, що дозволяє швидко створювати схеми та проводити симуляції; містить велику бібліотеку елементів, що дозволяє використовувати різноманітні компоненти для проектування та аналізу роботи електронних пристроїв; використовується продуктивний двигун симуляції SPICE, що дозволяє проводити швидкі симуляції електронних схем; надає зручні можливості візуалізації результатів симуляції, що дозволяє користувачам аналізувати електричні сигнали і дані результати в зручному форматі.

Компанія-розробник Proteus, Labcenter Electronics, пропонує спеціальну ліцензію для закладів освіти, яка дозволяє використовувати її для навчання та досліджень студентами і викладачами.

Для визначення індуктивності котушки методом використання явища самоіндукції при замиканні кола скористаємося моделлю **REALIND**. На відміну від стандартної простої моделі SPICE **INDUCTOR** в ній враховані додаткові параметри індуктивності, такі як еквівалентний послідовний опір, еквівалентний паралельний опір і еквівалентна паралельна ємність. Без врахування, наприклад, послідовного паралельного опору при симуляції можна отримати помилку. Використання моделі **REALIND** дозволяє не використовувати при моделюванні додаткові резистори, тому схема краще відповідає реальній (рис. 1).

Окрім індуктивності в схемі моделі використані такі елементи: джерело живлення (BATTERY), одинарний та подвійний ключ (SWITCH, SW-DPST), резистор (RESISTOR), віртуальні вимірювальні прилади (вольтметр, амперметр, секундомір) (рис.2).

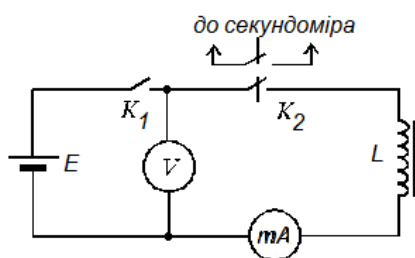


Рис. 1. Схема лабораторної установки

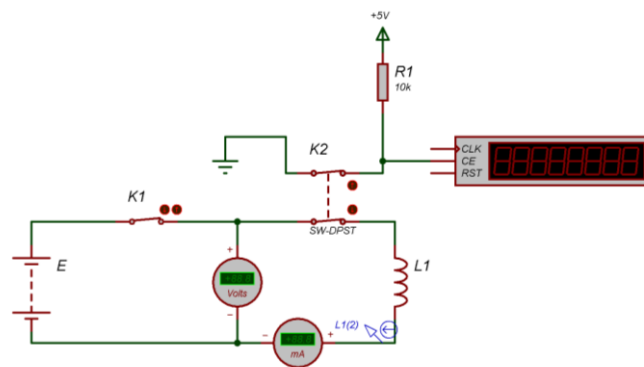


Рис. 2. Схема віртуальної моделі

Перед початком симуляції встановимо необхідні параметри елементів, максимально наближені до реальних приладів, які використовуються в лабораторній роботі:

- 1) напруга джерела живлення: 4,5 В;
- 2) опір ключа у вимкненому стані: 10^6 МОм;
- 3) межі вимірювання амперметра: міліампери;
- 4) індуктивність котушки: 43 Гн;
- 5) еквівалентний послідовний опір котушки: 46 Ом;
- 6) параметри секундоміра: полярність імпульсів Low.

Решта параметрів залишаємо за замовчуванням, оскільки вони не суттєво впливають на результат. Значення параметрів напруги джерела та індуктивності котушки приховуємо на схемі.

Після запуску симуляції та замикання ключа K1 визначаємо за показами вольтметра напругу джерела, а після замикання кола ключем K2 максимальне значення сили струму I_{\max} в колі. Обчислимо значення сили струму $i_{2\tau} = 0,86I_{\max}$.

За вказаними вище параметрами елементів, отримаємо $I_{\max} = 97,6$ мА, і відповідно $i_{2t} \approx 84$ мА. Тепер можна визначити час τ_1 протягом якого струм в колі досягне значення i_{2t} . Для цього фіксуємо час, протягом якого зростає струм, секундоміром замикаючи і розмикаючи ключ К2 (рис. 3).

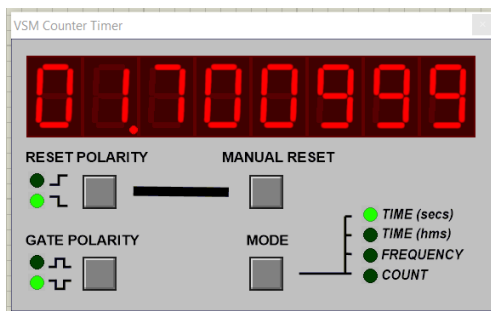


Рис. 3. Вікно віртуального секундоміра

Отримані результати повністю відповідають реальним, проте точність їх невисока, оскільки момент розмикання кола лише наближено відповідає необхідному значенню струму.

Проте Proteus має потужні віртуальні інструменти, які дозволяють отримати графічні залежності необхідних величин від часу під час симуляції. Для цього розмістимо пробник струму CURRENT з групи PROBES на нижній вивід котушки індуктивності і додамо на схему аналізатор аналогових сигналів (ANALOGUE) групи GRAPH. В параметрах аналізатора встановлюємо час зупинки симуляції 2 с і додаємо Trase, який відповідає пробнику струму. Запускаємо симуляцію натисканням клавіші SPACE на графіку (рис. 4.).

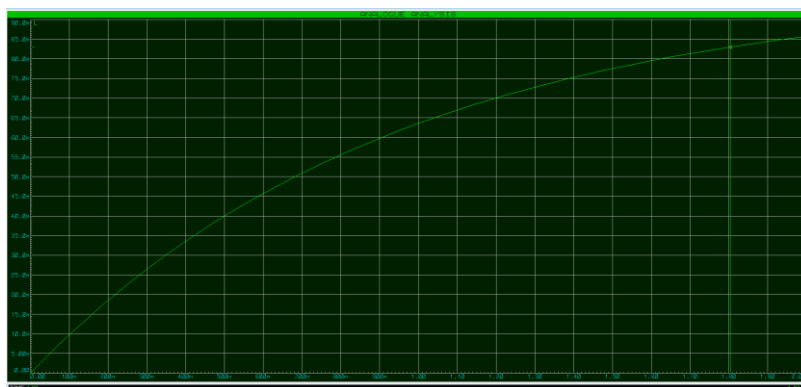


Рис. 4. Графік залежності струму, що протікає через котушку індуктивності від часу

З графіка видно, що струм досягає необхідного значення протягом 1,8 с. Розрахована індуктивність котушки згідно з отриманими даними становить 41,5 Гн, що відрізняється від заданої лише на 3%.

Організація такого виду діяльності сприяє формуванню у здобувачів освіти якостей дослідника: здатність працювати з великим обсягом інформації, вміння систематизувати, аналізувати, узагальнювати, формулювати змістовні висновки, здатність до самостійності тощо (Mokhun et al, 2022).

Якщо освітній процес відбувається в офлайн режимі, то здобувачі освіти виконують лабораторні роботи у фізичних лабораторіях. В умовах дистанційного чи змішаного навчання виконання реальних дослідів та віртуального експерименту є взаємодоповнюючими способами вивчення фізичного (реального) навколишнього світу, його законів і закономірностей розвитку як в методичному так і в методологічному аспекті.

Досвід організації віртуального фізичного експерименту показав, що в умовах дистанційного навчання такий вид діяльності може частково замінити роботу здобувачів освіти з реальним обладнанням.

Опитування студентів щодо ефективності використання віртуального експерименту в освітній діяльності показало, що на запитання: «Чи сприяє організація віртуального експерименту розумінню фізичних процесів явища електромагнітної індукції?» 72 % студентів відповіли позитивно (рис. 5); 84 % – зможуть виконати лабораторну роботу на реальному обладнанні після проведення віртуального експерименту (рис. 6); 68 % опитаних вважають, що віртуальний експеримент не зможе замінити реальну лабораторну роботу (рис. 7). В умовах дистанційного навчання лабораторні роботи онлайн є, чи не єдиним, засобом формування умінь здобувачів освіти проводити дослідження.

ОБГОВОРЕННЯ

Використання віртуального фізичного експерименту в освітній діяльності сприяє глибокому розумінню фізичних процесів, які моделюються, розвитку інтелектуальних умінь, формуванню дослідницьких умінь, забезпечує формування та розвиток у здобувачів освіти компетентності в галузі природничих наук, техніки і технологій (Федчишин та ін., 2022); формує у здобувачів освіти вміння самостійно проектувати у віртуальному середовищі моделі фізичних процесів, об'єктів, керувати ними; досліджувати роботу віртуальної моделі; фіксувати результати експерименту раціональним способом; забезпечує формування та удосконалення фахових компетентностей.

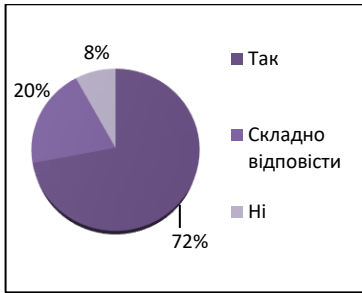


Рис. 5. Розподіл відповідей на запитання: «Чи сприяє організація віртуального експерименту розумінню явища електромагнітної індукції?»

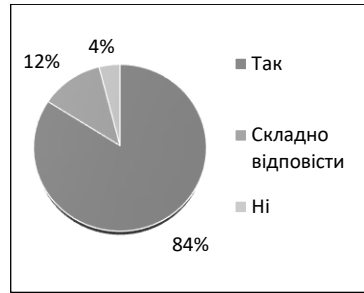


Рис. 6. Розподіл відповідей на запитання: «Чи зможете Ви виконати лабораторну роботу на реальному обладнанні після проведення віртуального експерименту?»

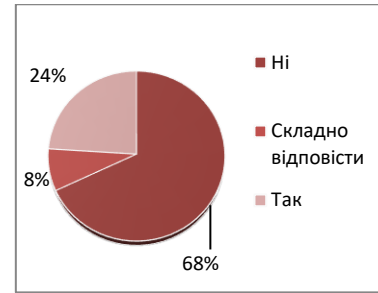


Рис. 7. Розподіл відповідей на запитання: «На вашу думку, чи може віртуальний експеримент замінити реальну лабораторну роботу?»

Використання віртуального фізичного експерименту забезпечує формування та удосконалення: навичок використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК 6); здатності застосовувати сучасні інформаційні та комунікаційні технології навчання, здатності до пошуку, оброблення й аналізу інформації з різних джерел, необхідної для розв'язування наукових і професійних завдань (ЗК 3); здатності застосовувати сучасні освітні технології, у тому числі й інформаційно-цифрові, для забезпечення освітнього процесу, проведення освітніх досліджень та навчально-дослідницької діяльності з предметної галузі, впровадження STEM-освіти (СК 6); знань спеціалізованих мов програмування та пакетів програмного забезпечення (СК 7); здатності застосовувати знання з фізики, електроніки та інформатики в обсязі, необхідному для розуміння основних принципів робототехніки (СК 8); здатності до проектування, програмування та використання робототехнічних засобів (СК 9); здатності застосовувати набуті знання з предметної галузі, сучасних методик і освітніх технологій для формування ключових і предметних компетентностей здобувачів освіти (СК 10) тощо.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

У статті розглянуто організацію віртуального експерименту в умовах дистанційного навчання та обґрунтовано доцільність такого виду діяльності для удосконалення фахових компетентностей здобувачів вищої освіти; представлено методичні основи проведення лабораторної роботи «Визначення індуктивності котушки методом використання явища самоіндукції при замиканні кола». Для моделювання електричних схем використано програмне забезпечення Proteus, яке об'єднує інструменти для моделювання схем, РСВ-проекткування, симуляції і аналізу електричних сигналів, що забезпечує ефективність проектування електронних пристроїв.

Дидактичні та методичні можливості віртуального фізичного експерименту в освітньому процесі забезпечують реалізацію експериментального методу навчання фізики в умовах дистанційного навчання, формування умінь та навичок, застосування набутих знань у практичній діяльності, значно розширюють можливості залучення здобувачів освіти до пізнавально-пошукової діяльності, активізують їх самостійну діяльність. Віртуальний фізичний експеримент сприяє формуванню та удосконаленню загальних та фахових компетентностей здобувачів освіти.

У наступних дослідженнях планується розглянути можливості програмного забезпечення Proteus від Labcenter Electronics для формування дослідницької компетентності здобувачів вищої освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Головко, М. В., Крижановський, С. Ю., & Мацюк, В. М. (2015). Моделювання віртуального фізичного експерименту для систем дистанційного навчання в загальноосвітній і вищій педагогічній школах. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 47 (3), 36-48.
- Іваницький, О. І. (2018). Формування фахових компетентностей майбутніх учителів фізики в процесі самостійної роботи. *Вісник Запорізького університету*, 1 (30), 107-113.
- Ma, J. & Nickerson, J. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review", *ACM Computing Surveys*, 38 (3). <https://doi.org/10.1145/1132960.1132961>.
- Mokhun, S. (2022). Stellarium Software as a Means of Development of Students' Research Competence While Studying Physics and Astronomy. Fedchyshyn, O., Kasianchuk, M., Chopyk, P., & Matsyuk V. *12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies ACIT'2022*, Ruzomberok, Slovakia, September 26-28. 587-591. <https://doi.org/10.1109/ACIT54803.2022.9913116>
- Подласов, С. О. & Матвійчук, О. В. (2023). Особливості проведення лабораторних робіт з фізики в технічному університеті під час дистанційного навчання. *ITLT*, 93 (1), 152-162.
- Сальник, І. В. (2014). Проблеми використання електронних засобів навчального призначення в системі шкільного фізичного експерименту. *Психолого-педагогічні проблеми сільської школи*, (48), 138-143. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ppps_2014_48_23.
- Samoylenko, O., Snitovska, O., Fedchyshyn, O., Romanyshyna O. & Kravchenko, O. (2021). The Use of a Synthesis Approach to Develop a Model for Training Teachers' Competencies in Distance Teaching. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. 20 (7) 308-327. <https://doi.org/10.26803/ijlter.20.7.17>.
- Slipukhina, I., Kuzmenkov, S., Kurilenko, N., & Sundenko, S. (2019). Virtual educational physics experiment as a means of formation of the scientific worldview of the pupils: ICT in Education, Research, and Industrial Applications. *Proc. 15 th Int. Conf. ICTERI*. Volume I: Main Conference. Kherson, Ukraine, June 12-15, 2019.
- Федчишин, О., Мохун, С., & Чопик, П. (2022). Методичні основи використання РНЕТ-симуляцій у процесі вивчення фізики. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: педагогіка*, 1(1), 16-24. <https://doi.org/10.25128/2415-3605.22.1.2>
- Hamed, G., & Aljanazrah, A. (2020). The effectiveness of using virtual experiments on students' learning in the general physics lab. *Journal of Information Technology Education: Research*, (19). 977 – 996.

11. Hasan, R. B., Aziz, F. B., Mutaleb, H.A., & Umar, Z. (2017). Virtual reality as an industrial training tool: a review. *Journal of Advanced Reviewon Scientific Research*, 29 (1), 20–26.
12. Husnaini, S. & Chen, S. (2019). Effects of guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment. *Physical Review Physics Education Research*, 15 (1). 1-16. doi: 10.1103/physrevphyseducre.15.010119.
13. Chang, K. E., Chen, Y. L., Lin, H Y & Sung, Y. T. (2008). Effects of learning support in simulation based physics learning. *Computers & Education*, 51 (4), 1486–1498.
14. Wong, W. K., Chen, K. P., & Chang, H. M. (2020). A comparison of a virtual lab and a microcomputer-based lab for scientific modeling by college students. *Journal of Baltic Science Education*. 19 (1), 157-173. <https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.157>.
15. Шарко, В. Д. (2013). Підготовка вчителя до розвитку пізнавальної активності учнів засобами віртуального фізичного експерименту як методична проблема. *Інформаційні технології в освіті*. (14), 34–41.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Holovko, M. V., Kryzhanovskiy, S. Yu., & Matsiuk, V. M. (2015). Modeliuvannya virtualnogo fizychnoho eksperymentu dlia system dystantsiinoho navchannia v zahalnoosvitnii i vyshchii pedahohichnii shkolakh [Simulation of a virtual physical experiment for distance learning systems in general education and higher pedagogical schools]. *Informatsiini tekhnologii i zasoby navchannia - Information technologies and teaching aids*, 47 (3), 36-48. (in Ukrainian).
2. Ivanytskyi, O. I. (2018). Formuvannya fakhovykh kompetentnosti maibutnikh uchyteliv fizyky v protsesi samostiinoi roboty [Formation of professional competences of future physics teachers in the process of independent work]. *Visnyk Zaporizkoho universytetu - Bulletin of Zaporizhzhya University*, 1 (30), 107-113. (in Ukrainian).
3. Ma, J. & Nickerson, J. (2006). Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review", *ACM Computing Surveys*, 38 (3). 2006. doi: <https://doi.org/10.1145/1132960.1132961>.
4. Mokhun, S. (2022). Stellarium Software as a Means of Development of Students' Research Competence While Studying Physics and Astronomy. Fedchyshyn, O., Kasianchuk, M., Chopyk, P., & Matsyuk V. *12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies ACIT'2022*, Ruzomberok, Slovakia, September 26-28, 587-591. <https://doi.org/10.1109/ACIT54803.2022.9913116>
5. Podlasov, S. O. & Matviichuk, O. V. (2023). Osoblyvosti provedennia laboratornykh robit z fizyky v tekhnichnomu universyteti pid chas dystantsiinoho navchannia [Peculiarities of laboratory work in physics at a technical university during distance learning]. *ITLT*, 93 (1), 152–162.
6. Salnyk, I. V. (2014) Problemy vykorystannia elektronnykh zasobiv navchalnogo pryznachennia v systemi shkilnogo fizychnoho eksperymentu [Problems of using electronic means of educational purpose in the school physical experiment system]. *Psykholoho-pedahohichni problemy silskoi shkoly – Psychological and pedagogical problems of the village school*, (48), 138-143. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ppps_2014_48_23. (in Ukrainian).
7. Samoylenko, O. (2021). The Use of a Synthesis Approach to Develop a Model for Training Teachers' Competencies in Distance Teaching. Snitovska, O., Fedchyshyn, O., Romanyshyna O. & Kravchenko, O. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. 20 (7) 308-327. <https://doi.org/10.26803/ijlter.20.7.17>.
8. Slipukhina, I. (2019). Virtual educational physics experiment as a means of formation of the scientific worldview of the pupils: ICT in Education, Research, and Industrial Applications. Kuzmenkov, S., Kurilenko, N., Mienaiilov, Sundenko, S. Proc. 15 th Int. Conf. ICTERI. Volume I: Main Conference. Kherson, Ukraine, June 12-15, 2019. <http://ceurws.org/Vol-2387/20190318.pdf>
9. Fedchyshyn, O., Mokhun, S., & Chopyk, P. (2022). Metodichni osnovy vykorystannia PhET-symulatsii u protsesi vvychnnia fizyky [Methodological fundamentals of using PhET simulations in the process of studying physics]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnogo pedahohichnogo universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Seriya: pedahohika – Scientific notes of Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatiuk. Series: pedagogy*, 1(1), 16–24. <https://doi.org/10.25128/2415-3605.22.1.2>. (in Ukrainian).
10. Hamed, G. & Aljanazrah, A. (2020). The effectiveness of using virtual experiments on students' learning in the general physics lab. *Journal of Information Technology Education: Research*, (19). 977 – 996.
11. Hasan, R. B., Aziz, F. B., Mutaleb, H.A., & Umar, Z. (2017). Virtual reality as an industrial training tool: a review. *Journal of Advanced Reviewon Scientific Research*, 29(1), 20–26.
12. Husnaini, S. & Chen, S. (2019). Effects of guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment. *Physical Review Physics Education Research*, 15 (1). 1-16. doi: 10.1103/physrevphyseducre.15.010119.
13. Chang, K. E., Chen, Y. L., Lin, H Y & Sung, Y. T. (2008). Effects of learning support in simulation based physics learning. *Computers & Education*. 51 (4). 1486–1498.
14. Wong, W. K., Chen, K. P., & Chang, H. M. (2020). A comparison of a virtual lab and a microcomputer-based lab for scientific modeling by college students. *Journal of Baltic Science Education*. 19 (1), 157-173. <https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.157>.
15. Шарко, В. Д. (2013). Підготовка вчителя до розвитку пізнавальної активності учнів засобами віртуального фізичного експерименту як методична проблема [Teacher preparation for the development of students' cognitive activity by means of a virtual physical experiment as a methodical problem]. *Інформаційні технології в освіті – Information technologies in education*. (14), 34–41. (in Ukrainian).

