

УДК 37.091.33-027.22:537]:37.018.43
DOI <https://doi.org/10.32782/pet-2023-1-4>

Галина МИРОНЧУК

доктор фізико-математичних наук, професор, директор навчально-наукового фізико-технологічного інституту, Волинський національний університет імені Лесі Українки, пр. Волі 13, м. Луцьк, Україна, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9088-3825>

SCOPUS-AUTHOR ID: 36245422900

Сергій ПАНКЕВИЧ

аспірант кафедри експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій, Волинський національний університет імені Лесі Українки, пр. Волі 13, м. Луцьк, Україна, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5715-2107>

Бібліографічний опис статті: Мирончук, Г., Панкевич С. (2023). Особливості проведення лабораторної роботи з електрики засобами хмаро орієнтованих технологій. *Фізика та освітні технології*, 1, 25–34, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2023-1-4>

ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ З ЕЛЕКТРИКИ ЗАСОБАМИ ХМАРО ОРІЄНТОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

В статті пропонується ознайомитися з можливістю проведення демонстраційної та лабораторної роботи з фізики на прикладі організації роботи по перевірці законів послідовного та паралельного з'єднання. Ця концепція може бути реалізована з допомогою хмарних технологій чи доступних інтернет ресурсів з можливостями подальшої обробки отриманих результатів. Цей проект може бути успішно використаний педагогами будь яких навчальних закладів і рівнів освіти для проведення лабораторних робіт здобувачами освіти школи, коледжу або іншого навчального закладу. Лабораторна робота, яка є однією з форм навчання, і яка є однією з точних і надійних методів оцінювання практичних знань, умінь та навиків, може бути використана в умовах дистанційного навчання або карантину, як наприклад при карантині, який введено 2020 року для запобігання поширенню коронавірусної хвороби COVID-19. Наведено приклад виконання експерименту з використанням інтернет симуляції. Результати проведеного педагогічного експерименту переконливо доводять, що використання хмарних технологій є потужним інструментом та ефективним засобом навчання учнів та студентів.

Ключові слова: демонстрація, лабораторна робота з фізики, демонстраційний набір, навчальна панель, цифрова лабораторія, інтернет симуляція, дистанційне навчання, карантин.

Galyna MYRONCHUK

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Director of the Educational and Scientific Institute of Physics and Technology, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Volya Ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9088-3825>

SCOPUS-AUTHOR ID: 36245422900

Serhii PANKEVYCH

Postgraduate Student, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Volya Ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5715-2107>

To cite this article: Myronchuk G., Pankevych S. (2023). Osoblyvosti provedennia laboratornoi roboty z elektryky zasobamy khmaro oriientovanykh tekhnolohii. [Features of conducting laboratory work on electricity by means of cloud-oriented technologies]. *Physics and Educational Technology*, 1, 25–34, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2023-1-4>

FEATURES OF CONDUCTING LABORATORY WORK ON ELECTRICITY BY MEANS OF CLOUD-ORIENTED TECHNOLOGIES

The article offers an introduction to the possibility of conducting demonstration and laboratory work in physics using the example of organizing work to verify the laws of serial and parallel connection. This concept can be implemented using cloud technologies or available Internet resources with the possibility of further processing of the obtained results. This project can be successfully used by teachers of any educational institutions and levels of education to conduct laboratory work by students of a school, college or other educational institution. Laboratory work, which is one of the forms of learning and which is one of the accurate and reliable methods of assessing practical knowledge, skills and abilities, can be used in conditions of distance learning or quarantine, such as during the quarantine introduced in 2020 to prevent the spread of the coronavirus disease of COVID-19. An example of an experiment using Internet simulation is given. The results of the conducted pedagogical experiment convincingly prove that the use of cloud technologies is a powerful tool and an effective means of teaching pupils and students.

Key words: demonstration, laboratory work in physics, demonstration set, educational panel, digital laboratory, Internet simulation, distance learning, quarantine.

Вступ. З 24 лютого 2022 року в Україні запроваджено військовий стан, що значною мірою позначається і на навчальному процесі. Повітряні тривоги не дозволяють повністю забезпечити офлайн навчання, але й проведення онлайн уроків може бути перерваним. В таких умовах особливо важко забезпечити проведення лабораторних робіт з фізики в навчальних закладах. Свої корективи в освітній процес привніс запроваджений з 12 березня 2020 року карантин для усіх закладів освіти. Відповідне рішення Уряд ухвалив, 11 березня 2020 року. МОН рекомендувало закладам освіти розробити заходи щодо проведення занять за допомогою дистанційних технологій.

Здавалося, ситуація безнадійна, проте в Україні уже не перший рік впроваджується світовий освітній бренд STEM-освіта (Science, Technology, Engineering, Mathematics), що сприяє посиленню інтелектуального розвитку дітей та якісному навчанню природничих та інженерно-технічних дисциплін (Концепція управління процесами формування природничо-наукової компетентності, 2021). Сучасні вимоги до підготовки фахівців спонукають до її модернізації шляхом впровадження нових освітніх технологій, в тому числі впровадження STEM-напряму (Панкевич, 2020). Цей напрямок потребує професіоналів у нових галузях і передбачає поєднання природничо-математичних та інженерних наук (Мартинюк, 2019; Martyniuk, Martyniuk, Muzyka, 2020; Pylypenko, 2020).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно з постулатами концепту нової української школи, сучасний вчитель повинен не просто доносити інформацію до учня, а фор-

мувати компетентності, які будуть використовуватись ним у майбутньому (Нова українська школа, 2016). Отож, якщо теоретичні та практичні заняття можна було реалізувати з допомогою відео конференцій або використання підручників чи їх електронних аналогів, то для проведення поточної або підсумкової атестації потрібно було використовувати сторонні інтернет ресурси, такі як, наприклад, освітній проект «На урок», який містить величезну базу тестових завдань з кожного шкільного предмету (Освітній проект «На урок» для вчителів).

Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 13 січня 2021 року № 131-р передбачено реалізацію низки заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року, пов'язаних із формуванням та розвитком дослідницьких та інженерних навичок, винахідництва, підприємництва, раннього професійного самовизначення, популяризація науково-технічних та інженерних професій (Розпорядження Кабінету Міністрів України від від 13 січня 2021 р. № 131-р).

Деякі аспекти впровадження STEM-освіти розглядали Національна інженерна академія та Національна дослідницька рада (National Academy of Engineering and National Research Council, 2014) (Інтеграція STEM як важлива інновація сучасної освітньої парадигми), Ю-Тзу Лін, Мін Цан Ванг і Чен Чінг Бу (Lin, Wang, Wu, 2019) (розробка та впровадження міжпредметного навчання STEM), Ірина Сліпукхіна (особливості застосування мультипредметного підходу в навчанні STEM, інженерних методів у природничій освіті) (Slipukhina, Polishchuk, Mienailovb 2020), Валентина

Шарко (методика викладання природничо-математичних дисциплін у середніх та вищих навчальних закладах з використанням освітніх технологій STEM) (Шарко, 2016). Освітню робототехніку та ігрове навчання досліджували Наталія Морзе та Оксана Струтинська (Morze, Strutynska, 2022), Ефрансія Цагкаракі, Стаматіос Пападакіс та Майкл Калогіанакіс (Papadakis, Kalogiannakis, 2019; Tzagkaraki, Papadakis, Kalogiannakis, 2021).

Тому, в період карантину та війни закладами освіти використовуються принципово нові форми навчання (Мартинюк, Мирончук, Панкевич, 2022). Одним з таких є дистанційне навчання, яке базується на формі змішаного навчання – це освітня концепція, за якої студент здобуває знання як самостійно онлайн, так і особисто з викладачем. Такий підхід дає змогу поєднувати традиційні методики та сучасні технології (Bilousova, Gryzun, Zhytienova, 2021).

Сукупність хмарних сервісів теж розширюється доволі швидко. Школа, як і наукові інституції, може використовувати такі технології доволі широко. Більше того, такий підхід має низку переваг (Why many schools are 'up in the air' about cloud computing). Використання хмарних технологій у процесі навчання фізики, уже розглядалось науковцями з України та світу, зокрема, ця проблема була описана у роботах Максима Хомутенка (Хомутенко, 2016), Валерія Бикова, Марії Шишкіної та ін (Martyniuk, Martyniuk, Pankevych et al, 2021).

Виклад основного матеріалу дослідження. Проблему розвитку мислення здобувачів освіти не можна закрити засвоєнням розумових дій, оскільки вміння теоретично розмірковувати про певну систему дій ще не забезпечує вміння виконати ці ж дії реально. Завершальним етапом у розвитку розумових операцій є не становлення розумової дії, а реалізація цієї дії в практичній діяльності. Тому навчання фізики передбачає залучення здобувачів до виконання ними лабораторних робіт. Під лабораторними роботами розуміють таку організацію навчального фізичного експерименту, при якій кожен працює з приладами чи установками.

Дидактична роль лабораторних робіт надзвичайно велика. Сприймання при виконанні лабораторних робіт засновані на більшій і різноманітнішій кількості чуттєвих вражень

і стають глибшими і повнішими порівняно із сприйманнями при спостереженні демонстраційного експерименту. При виконанні лабораторних робіт здобувачі освіти навчаються користуватись фізичними приладами як знаряддями експериментального пізнання, набувають навичок практичного характеру. Виконання лабораторних робіт сприяє поглибленню знань з певного розділу фізики, набуттю нових знань, ознайомленню з сучасною експериментальною технікою, розвитку логічного мислення. Лабораторні роботи мають також важливе виховне значення, оскільки вони дисциплінують дітей, привчають їх до самостійної роботи, прищеплюють навички лабораторної культури.

Такі переваги успішно реалізують концепцію Нової української школи (Zhorova, Kokhanovska, Khudenko, 2022), консолідують навчальний процес, а отже забезпечують якісне формування основних ключових компетентностей випускника навчального закладу. Метою статті є окреслення концепції проведення фізичного експерименту з використанням хмарних сервісів як інструментів реалізації дистанційного навчання в системі STEM-освіти.

Розглянемо приклад інструкції до виконання лабораторної роботи з фізики «Дослідження електричного кола з послідовним з'єднанням провідників».

Мета роботи: експериментально перевірити, що в разі послідовного з'єднання двох провідників справджуються співвідношення:

$$I = I_1 = I_2, U = U_1 + U_2, R = R_1 + R_2. \quad (1)$$

Обладнання: навчальна панель з електрики (вольтметр, амперметр, вимикач $S1$ або $S4$, два резистори ($R1, R2, R3, R4$), з'єднувальні проводи), джерело струму.

Вказівки до роботи:

Підготовка до експерименту

1. Перш ніж виконувати роботу, переконайтеся, що ви знаєте вимоги безпеки під час роботи з електричними колами.

2. Накресліть схему електричного кола, що складається з джерела струму, двох резисторів і вимикача, з'єднаних послідовно.

3. Складіть і запишіть план проведення експерименту. Якщо вагаєтеся, то скористайтесь планом, наведеним нижче.

Порядок виконання роботи:

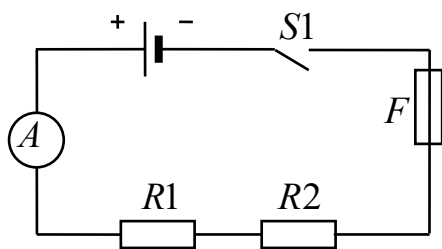


Рис. 1. Схема електричного кола. Крок 1

Дослід 1. Порівняння сили струму в різних ділянках кола, яке містить послідовне з'єднання провідників.

1. Складіть електричне коло за схемою:

2. Виміряйте силу струму, увімкнувши амперметр спочатку між джерелом струму і першим резистором (I_1) (рис. 1), потім між резисторами (I_2) (рис. 2), а потім між ключем і другим резистором (I) (рис. 3). Накресліть в зошиті схеми відповідних електричних кіл.

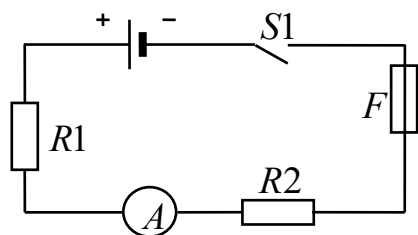


Рис. 2. Схема електричного кола. Крок 2

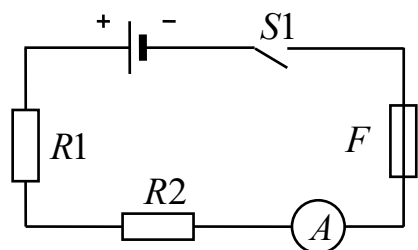


Рис. 3. Схема електричного кола. Крок 3

3. Результати вимірювань занесіть до табл. 1 і зробіть висновок.

Дослід 2. Порівняння загальної напруги на ділянці кола, яка складається з послідовно з'єднаних резисторів, і суми напруг на окремих резисторах.

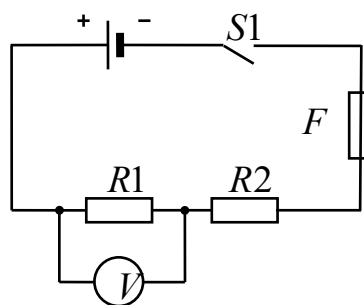


Рис. 4. Схема вимірювання напруги. Крок 1

1. У колі, складеному для проведення досліду 1, виміряйте напругу спочатку на першому резисторі (U_1) (рис. 4), потім на другому резисторі (U_2) (рис. 5), а потім на обох резисторах (U) (рис. 6). Накресліть схеми відповідних електричних кіл.

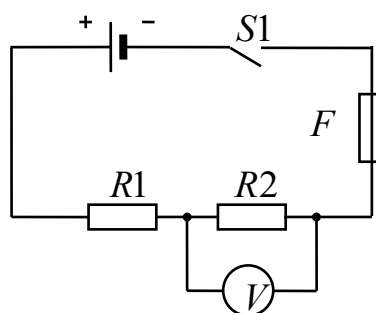


Рис. 5. Схема вимірювання напруги. Крок 2

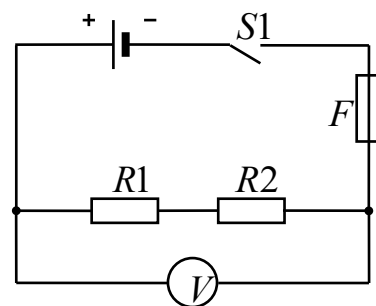


Рис. 6. Схема вимірювання напруги. Крок 3

2. Результати вимірювань занесіть до табл. 2. Закінчіть заповнення таблиці та зробіть висновок.

Використовуючи результати дослідів 1 і 2, обчисліть опір першого резистора (R_1), другого резистора (R_2) та опір ділянки кола, яка містить обидва резистори (R).

Таблиця 1

	I_1, A	I_2, A	I, A	Висновок
1				

Таблиця 2

	$U_1, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$U, \text{В}$	$(U_1 + U_2), \text{В}$	Висновок

Таблиця 3

	$R_1, \text{Ом}$	$R_2, \text{Ом}$	$R, \text{Ом}$	$(R_1 + R_2), \text{Ом}$	Висновок

2. Результати обчислень занесіть до табл. 3. Закінчіть заповнення таблиці, зробіть висновок.

Аналіз експерименту та його результатів:

Проаналізувавши експеримент і його результати, зробіть висновок, у якому зазначте:

1) які співвідношення для послідовно з'єднаних провідників ви перевіряли та які результати одержали;

2) які чинники могли вплинути на точність отриманих вами результатів.

Це скорочена версія інструкції до наборної роботи, яка адаптована для використання цифрової панелі.

Отож, щоб забезпечити виконання такої роботи в умовах дистанційного навчання ми скористаємося освітнім сайтом університету Колорадо, який має величезний набір симуляцій з фізики, де студент може як завгодно змінювати параметри електронних компонентів (опір резисторів, напругу на джерелі живлення...) та

конструкцію електричної схеми (Лабораторія електрики: постійний струм – віртуальна лабораторія).

Доречі, цей сервіс українізований. Переходячи за посиланням <https://phet.colorado.edu/uk/simulations/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab> ми потрапляємо на стартову сторінку симуляції (рис. 7).

Натискаючи на значок запуску симуляції переходимо до вікна параметрів, де ми бачимо зліва набір інструментів, таких як провідник, батарейка, опір, перемикач і з правого боку вимірювальні цифрові прилади та елементи відображення. (рис. 8).

Завданням викладача буде лише надати кожному здобувачу набору певних параметрів електричного кола: напруга батарейки та номінали опорів. Навіть при групі в 20-30 чоловік це небагато варіантів. Тим більше, можна змінювати лише якийсь один параметр.

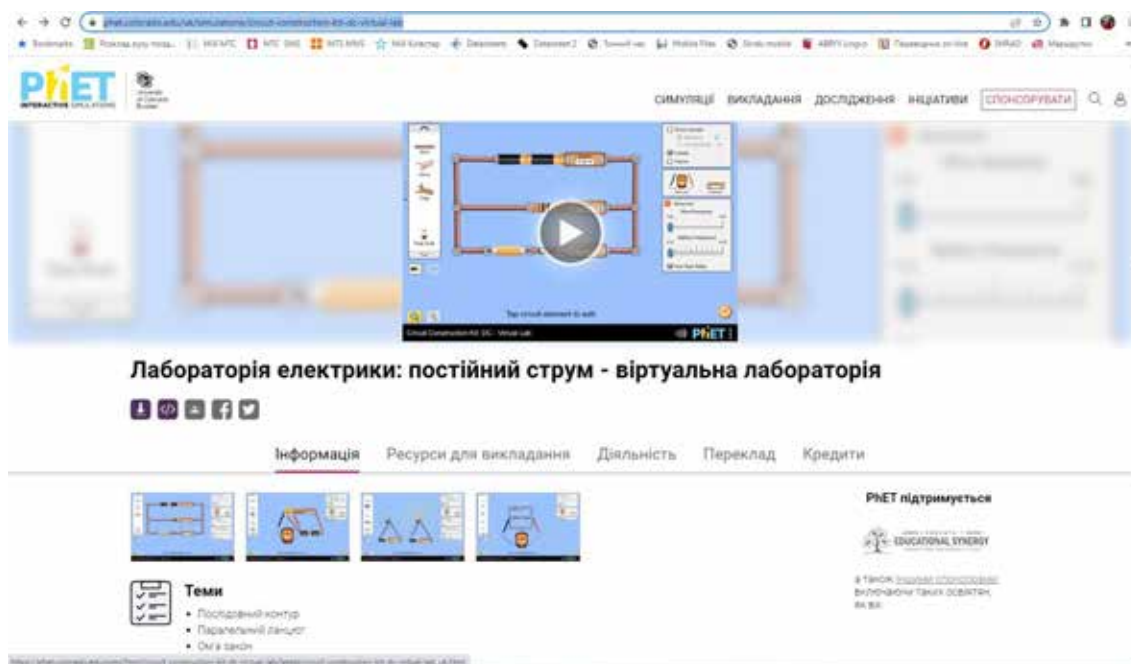


Рис. 7. Стартова сторінка симуляції



Рис. 8. Робоче поле симуляції



Рис. 9. Встановлення параметрів опорів

Роботу треба починати з складання електричного кола. В симуляції роль провідників відіграє **Дріт**. Спершу на робоче поле ми рекомендуємо перенести два опори, батарею та перемикач, а тоді їх з'єднати провідниками, які мають властивість «примагнічуватися» до контактів (рис. 9). Складаємо коло за схемою (рис. 1), і лише тоді встановлюємо параметри (вибираючи елемент), задані викладачем. Опір можна змінювати в межах

від 0 до 120 Ом, а напругу від 0 до 120 Вольт. Натиснувши на елемент **Ключ**, ми замикаємо коло, і в колі встановлюється струм, який навіть візуально демонструється. Перенісши вольтметр з лівої сторони на робочу область, ми можемо провести вимірювання напруги контактами на різних ділянках кола за прикладом (рис 4, 5 та 6).

Далі всі значення заносимо в таблицю і проводимо відповідні розрахунки.

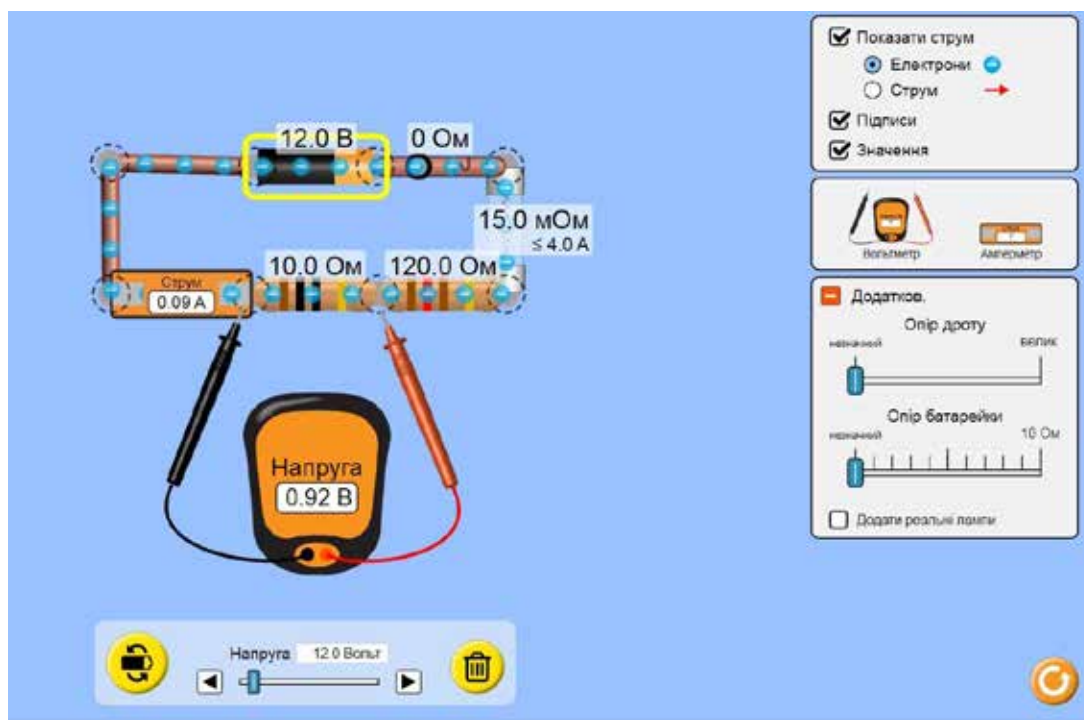


Рис. 10. Вимірювання напруги та встановлення додаткових параметрів опорів

Ще однією корисною функцією в цій симуляції є додаткове меню зліва, позначене зеленим хрестиком (рис. 10). Розкриваючи його, ми можемо додатково встановити опір провідників та джерела струму, значення яких може впливати на результат віртуальної лабораторної роботи.

Внісши всі необхідні вимірювання в табл. 2 і зробивши обрахунки ми завершуємо виконання лабораторної роботи. За необхідності можна прикріпити фото проведеного експерименту і складеного електричного кола.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Отже, розроблений нами методичний проект та технічний інструментарій відповідає виконанню організаційно-методичних вимог

в рамках реалізації STEM освіти. Підготовка здобувачів освіти за запропонованою нами методикою використання інтернет симуляцій підвищує рівень умінь здійснювати постановку експериментаторської проблеми та шукати шляхи її розв'язання, що забезпечує формування предметної та цифрової компетентності.

Запропоноване дослідження успішно пройшло апробацію в Луцькій філії фахового медичного коледжу «Монада», і показало, що запропонована нами методика проведення лабораторної роботи з використанням хмарних технологій підвищує ефективність засвоєння навчального матеріалу і формування фахової компетентності в студентів медичного профілю.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Концепція управління процесами формування природничо-наукової компетентності майбутнього педагога фізико-технологічного профілю в STEM-орієнтованому навчальному середовищі. С. 104-108. <https://science.kpnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/09/1-1.pdf>
2. Мартинюк О.С. Тривимірне прототипування як складник STEMтехнологій у конструктивно-технічній і науково-дослідній роботі студентів та учнів. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна / [редкол.: П. С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін.]. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2019. Вип. 25 : Управління інформаційно-навчальним середовищем як концептуальна основа результативності фізико-технологічної освіти. С. 61-64. URL: <http://ped-series.kpnu.edu.ua/article/view/189486>.
3. Мартинюк, О., Мирончук, Г., Панкевич, С. Організаційно-методичні умови використання цифрових лабораторій у системі впровадження освітнього напрямку STEM. Фізика та освітні технології. 2022. (1), 34-40. <https://doi.org/10.32782/pet-2022-1-4>

4. Межуєва І. Ю. Тестування як форма контролю знань, умінь, навичок. Переваги і недоліки. *Молодий вчений*. 2017. № 9. С. 394-398
5. Нова українська школа. Концептуальні засади реформування середньої школи. Ухвалено рішенням колегії МОН 27.10.2016. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf>
6. Освітній проект «На урок» для вчителів. URL: <https://naurok.com.ua>
7. Панкевич С.С. Особливості проведення тестування з фізики засобами хмаро орієнтованих технологій в закладах медичного профілю. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна / [редкол.: С.В. Оптасюк (голова, наук. ред.) та ін.]. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2020. Випуск 26
8. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 13 січня 2021 р. № 131-р «Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року», 2021. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-planu-zahodiv-sh-a131r>.
9. Хомутенко М. Віртуальний фізичний експеримент в хмаро орієнтованому навчальному середовищі. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія : Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. 2016. Вип. 9(3). С. 175-179.
10. Шарко В. Модернізація системи навчання учнів STEM-дисциплін як методична проблема. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія : Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. 2016. Вип. 10(3). С. 160-165. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nz_pmfm_2016_10\(3\)_37](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nz_pmfm_2016_10(3)_37).
11. Bilousova, L., Gryzun, L. and Zhytienova, N., 2021. Interactive methods in blended learning of the fundamentals of UI/UX design by pre-service specialists. *Educational technology quarterly*. Available from: <https://doi.org/10.55056/etq.34>.
12. Lin, Y.T., Wang, M.T. and Wu, C.C., 2019. Design and Implementation of Interdisciplinary STEM Instruction: Teaching Programming by Computational Physics. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 28(1), pp.77–91. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40299-018-0415-0>.
13. Martyniuk, O.O., Martyniuk, O.S. and Muzyka, I.O., 2020. Formation of informational and digital competence of secondary school students in laboratory work in physics. In: S.O. Semerikov and M.P. Shyshkina, eds. *Proceedings of the 8th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2020)*, Kryvyi Rih, Ukraine, December 18, 2020. CEUR-WS.org, CEUR Workshop Proceedings, vol. 2879, pp.366–383. Available from: <http://ceur-ws.org/Vol-2879/paper20.pdf>.
14. Martyniuk, O.O., Martyniuk, O.S., Pankevych, S. and Muzyka, I., 2021. Educational direction of STEM in the system of realization of blended teaching of physics. *Educational Technology Quarterly* [Online], 2021(3), pp.347–359. Available from: <https://doi.org/10.55056/etq.39> [Accessed 28 November 2022].
15. Morze, N. and Strutynska, O., 2022. Model of the Competences in Educational Robotics. *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology – Volume 2: AET. INSTICC, SciTePress*.
16. National Academy of Engineering and National Research Council, 2014. *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. Washington, DC: The National Academies Press. Available from: <https://doi.org/10.17226/18612>.
17. Papadakis, S. and Kalogiannakis, M., 2019. Evaluating the effectiveness of a game-based learning approach in modifying students' behavioural outcomes and competence, in an introductory programming course. A case study in Greece. *International journal of teaching and case studies*, 10(3), pp.235–250. Available from: <https://doi.org/10.1504/IJTCS.2019.102760>.
18. Pylypenko, O., 2020. Development of critical thinking as a means of forming STEM competencies. *Educational dimension*, 55(3), p.317–331. Available from: <https://doi.org/10.31812/educdim.v55i0.3955>.
19. Slipukhina I., Polishchuk A., Mienaiilov S., Opolonets O. and Soloviov T. (2020). Methodology of M. Montessori as the Basis of Early Formation of STEM Skills of Pupils. In *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology – Volume 1: AET*, ISBN 978-989-758-558-6, pages 211-220. DOI: 10.5220/0010922500003364
20. Tzagkaraki, E., Papadakis, S. and Kalogiannakis, M., 2021. Exploring the Use of Educational Robotics in Primary School and Its Possible Place in the Curricula. In: M. Malvezzi, D. Alimisis and M. Moro, eds. *Education in & with Robotics to Foster 21st-Century Skills*. Cham: Springer International Publishing, pp.216–229 URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-77022-8_19.
21. Why many schools are 'up in the air' about cloud computing/Education Technology: веб-сайт. URL: <https://edtechnology.co.uk/Article/why-many-schools-are-up-in-the-air-about-cloud-computing>
22. Zhorova, I., Kokhanovska, O., Khudenko, O., Osypova, N. and Kuzminska, O., 2022. Teachers' training for the use of digital tools of the formative assessment in the implementation of the concept of the New Ukrainian School. *Educational technology quarterly*, 2022. Available from: <https://doi.org/10.55056/etq.11>.

23. Лабораторія електрики: постійний струм – віртуальна лабораторія. URL: <https://phet.colorado.edu/uk/simulations/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab>

REFERENCES:

1. Kontsepsiia upravlinnia protsesamy formuvannia pryrodnycho-naukovoï kompetentnosti maibutnoho pedahoha fizyko-tekhnologichnoho profilu v STEM-orientovanomu navchalnomu seredovyschi. – S. 104-108. <https://science.kpnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/09/1-1.pdf>
2. Martyniuk O.S. Tryvymirne prototypuvannia yak skladnyk STEMtekhnologii u konstruktyvno-tekhničnii i naukovo-doslidnii roboti studentiv ta uchniv. Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podil'skoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohienka. Seriiia pedahohichna / [redkol.: P. S. Atamanchuk (holova, nauk. red.) ta in.]. Kamianets-Podil'skyi : Kamianets-Podil'skyi natsionalnyi universytet imeni Ivana Ohienka, 2019. Vyp. 25 : Upravlinnia informatsiino-navchalnym seredovyschem yak kontseptualna osnova rezultatyvnosti fizyko-tekhnologichnoi osvity. S. 61-64. URL: <http://ped-series.kpnu.edu.ua/article/view/189486>.
3. Martyniuk, O., Myronchuk, H., Pankevych, S. (2022). Orhanizatsiino-metodychni umovy vykorystannia tsyfrovyykh laboratorii u systemi vprovadzhennia osvithnoho napriamu STEM. *Fizyka ta osvithni tekhnologii*, (1), 34–40. <https://doi.org/10.32782/pet-2022-1-4>
4. Mezhuieva I. Yu. / Testuvannia yak forma kontroliu znan, umin, navychok. Perevahy i nedoliky / *Molodyi vchenyi*. – 2017. – № 9. – S. 394-398
5. Nova ukrainska shkola. Kontseptualni zasady reformuvannia serednoi shkoly. Ukhvaleno rishenniam kolehii MON 27.10.2016. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf>
6. Osvitnii proekt «Na urok» dlia vchyteliv.–URL: <https://naurok.com.ua>
7. Pankevych S.S. Osoblyvosti provedennia testuvannia z fizyky zasobamy khmaro oriientovanykh tekhnologii v zakladakh medychnoho profilu. Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podil'skoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohienka. Seriiia pedahohichna / [redkol.: S.V. Optasiuk (holova, nauk. red.) ta in.]. Kamianets-Podil'skyi : Kamianets-Podil'skyi natsionalnyi universytet imeni Ivana Ohienka, 2020. Vypusk 26
8. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 13 sichnia 2021 r. № 131-r «Pro zatverdzhennia planu zakhodiv shchodo realizatsii Kontsepsii rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity) do 2027 roku», 2021. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-planu-zahodiv-sh-a131r>.
9. Khomutenko M. Virtualnyi fizychnyi eksperyment v khmaro oriientovanomu navchalnomu seredovyschi / M. Khomutenko // *Naukovi zapysky [Kirovohrad'skoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Vynnychenka]*. Seriiia : Problemy metodyky fizyko-matematychnoi i tekhnologichnoi osvity. – 2016. – Vyp. 9(3). – S. 175-179.
10. Sharko V. Modernizatsiia systemy navchannia uchniv STEM-dystsyplin yak metodychna problema / V. Sharko // *Naukovi zapysky [Kirovohrad'skoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Vynnychenka]*. Seriiia : Problemy metodyky fizyko-matematychnoi i tekhnologichnoi osvity. – 2016. – Vyp. 10(3). – S. 160-165. – Rezhym dostupu: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nz_pmf_2016_10\(3\)_37](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nz_pmf_2016_10(3)_37).
11. Bilousova, L., Gryzun, L. and Zhytienova, N., 2021. Interactive methods in blended learning of the fundamentals of UI/UX design by pre-service specialists. *Educational technology quarterly*. Available from: <https://doi.org/10.55056/etq.34>.
12. Lin, Y.T., Wang, M.T. and Wu, C.C., 2019. Design and Implementation of Interdisciplinary STEM Instruction: Teaching Programming by Computational Physics. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 28(1), pp.77–91. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40299-018-0415-0>.
13. Martyniuk, O.O., Martyniuk, O.S. and Muzyka, I.O., 2020. Formation of informational and digital competence of secondary school students in laboratory work in physics. In: S.O. Semerikov and M.P. Shyshkina, eds. *Proceedings of the 8th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2020)*, Kryvyi Rih, Ukraine, December 18, 2020. CEUR-WS.org, CEUR Workshop Proceedings, vol. 2879, pp.366–383. Available from: <http://ceur-ws.org/Vol-2879/paper20.pdf>.
14. Martyniuk, O.O., Martyniuk, O.S., Pankevych, S. and Muzyka, I., 2021. Educational direction of STEM in the system of realization of blended teaching of physics. *Educational Technology Quarterly* [Online], 2021(3), pp.347–359. Available from: <https://doi.org/10.55056/etq.39> [Accessed 28 November 2022].
15. Morze, N. and Strutynska, O., 2022. Model of the Competences in Educational Robotics. *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology – Volume 2: AET. INSTICC, SciTePress*.
16. National Academy of Engineering and National Research Council, 2014. *STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. Washington, DC: The National Academies Press. Available from: <https://doi.org/10.17226/18612>.
17. Papadakis, S. and Kalogiannakis, M., 2019. Evaluating the effectiveness of a game-based learning approach in modifying students' behavioural outcomes and competence, in an introductory programming course. A case study in

Greece. *International journal of teaching and case studies*, 10(3), pp.235–250. Available from: <https://doi.org/10.1504/IJTCS.2019.102760>.

18. Pylypenko, O., 2020. Development of critical thinking as a means of forming STEM competencies. *Educational dimension*, 55(3), p.317–331. Available from: <https://doi.org/10.31812/educdim.v55i0.3955>.

19. Slipukhina I., Polishchuk A., Mienailov S., Opolonets O. and Soloviov T. (2020). Methodology of M. Montessori as the Basis of Early Formation of STEM Skills of Pupils. In *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology – Volume 1: AET*, ISBN 978-989-758-558-6, pages 211-220. DOI: 10.5220/0010922500003364

20. Tzagkaraki, E., Papadakis, S. and Kalogiannakis, M., 2021. Exploring the Use of Educational Robotics in Primary School and Its Possible Place in the Curricula. In: M. Malvezzi, D. Alimisis and M. Moro, eds. *Education in & with Robotics to Foster 21st-Century Skills*. Cham: Springer International Publishing, pp.216–229 URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-77022-8_19.

21. Why many schools are 'up in the air' about cloud computing/Education Technology: веб-сайт. URL: <https://edtechnology.co.uk/Article/why-many-schools-are-up-in-the-air-about-cloud-computing>

22. Zhorova, I., Kokhanovska, O., Khudenko, O., Osypova, N. and Kuzminska, O., 2022. Teachers' training for the use of digital tools of the formative assessment in the implementation of the concept of the New Ukrainian School. *Educational technology quarterly*, 2022. Available from: <https://doi.org/10.55056/etq.11>.

23. <https://phet.colorado.edu/uk/simulations/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab>