

УДК 53-027.22

DOI <https://doi.org/10.32782/pet-2023-4-2>

Сергій ПАНКЕВИЧ

вчитель фізики, комунальний заклад загальної середньої освіти "Луцький ліцей № 23 Луцької міської ради", вул. Софії Ковалевської, 56, м. Луцьк, Україна, 43024

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

Бібліографічний опис статті: Панкевич, С. (2023) Методичні рекомендації щодо проведення лабораторної роботи з динаміки засобами хмаро орієнтованих технологій. *Фізика та освітні технології*, 4, 12–20, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2023-4-2>

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ З ДИНАМІКИ ЗАСОБАМИ ХМАРО ОРІЄНТОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

В статті пропонується ознайомитися з можливістю проведення дистанційної демонстраційної та лабораторної роботи з фізики на прикладі роботи з дослідження руху зв'язаних тіл. Ця концепція може бути реалізована з допомогою доступних інтернет-ресурсів з можливостями подальшої обробки отриманих результатів. Цей проєкт 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 COVID-19. Наведено приклад виконання експерименту з використанням інтернет-симуляції. Розроблено до 20 варіантів значень для виконання лабораторної роботи з перевіреними даними, які можуть успішно замінити аналогічну або подібну лабораторну роботу в будь-якому закладі освіти, від школи і до вищого навчального закладу. Варіанти не повторюються і виключають можливість списування при проведенні експерименту і оформленні роботи. Наочність і зрозумілість інтернет-симуляції значно розширює розуміння експерименту і значення самої роботи в контексті вивчення руху зв'язаних тіл. Можливість коригувати дані в ході експерименту дозволяють здобувачу освіти робити висновки, які стосуються розуміння та застосування сил тертя в житті. Робота успішно апробована в Луцькому ліцеї № 23 і отримала схвальні відгуки здобувачів освіти. 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.

Serhii PANKEVYCH

Physics teacher, Municipal Institution of General Secondary Education "Lutsk Lyceum No. 23 of the Lutsk City Council", 56 Sofia Kovalevska St., Lutsk, Ukraine, 43024

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

To cite this article: Pankevych, S. (2023) Metodichni rekomendatsiyi shchodo provedennia laboratornoyi roboty z dynamiky zasobamy khmaro oriyentovanykh tekhnolohiy [Methodical recommendations for laboratory work on dynamics by means of cloud-oriented technologies]. *Physics and educational technology*, 4, 12–20, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2023-4-2>

METHODICAL RECOMMENDATIONS FOR LABORATORY WORK ON DYNAMICS BY MEANS OF CLOUD-ORIENTED TECHNOLOGIES

The article proposes to get acquainted with the possibility of conducting remote demonstration and laboratory work in physics on the example of work on the study of the motion of bound bodies. This concept can be implemented with the help of available Internet resources with the possibility of further processing of the results obtained. This project can be successfully used by teachers of any educational institutions and levels of education for laboratory work by students of a school, college or other educational institution. Laboratory work, which is one of the forms of education, and which is one of the most accurate and reliable methods for assessing practical knowledge, skills and abilities, can be used in distance learning or quarantine, such as the quarantine introduced in 2020 to prevent the spread of COVID-19.

An example of an experiment using an Internet simulation is given. Up to 20 variants of values have been developed for laboratory work with verified data, which can successfully replace resembles or similar laboratory work in any educational institution, from school to higher education. The options are not repeated and exclude the possibility of cheating when conducting an experiment and designing the work. The clarity and comprehensibility of the Internet simulation significantly expands the understanding of the experiment and the significance of the work itself in the context of studying the motion of bound bodies. The ability to correct the data during the experiment allows the student to draw conclusions that relate to the understanding and application of frictional forces in life. The work was successfully tested at Lutsk Lyceum No. 23 and received positive feedback from students. The results of the 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 [1]. Сучасні вимоги до підготовки фахівців спонукають до її модернізації шляхом впровадження нових освітніх технологій, в тому числі впровадження STEM-напряму [7]. Цей напрямок потребує професіоналів у нових галузях і передбачає поєднання природничо-математичних та інженерних наук [13, 2, 18].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно з постулатами концепту нової української школи, сучасний вчитель повинен не просто доносити інформацію до учня, а формувати компетентності, які будуть використовуватись ним у майбутньому [5]. 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 проєкт «На урок», який містить величезну базу тестових завдань з кожного шкільного предмету [6].

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 [8].

Деякі аспекти впровадження STEM-освіти розглядали Національна інженерна академія та Національна дослідницька рада [16] (Інтеграція STEM як важлива інновація сучасної освітньої парадигми), Ю-Тзу Лінг, Мін Цан Ванг і Чен Чінг Ву [12] (розробка та впровадження міжпредметного навчання STEM), Ірина Сліпучіна (особливості застосування мультипредметного підходу в навчанні STEM, інженерних методів у природничій освіті) [19], Валентина Шарко (методика викладання природничо-математичних дисциплін у середніх та вищих навчальних закладах з використанням освітніх технологій STEM) [10]. Освітню робототехніку та ігрове навчання досліджували Наталія Морзе та Оксана Струтинська [15], Ефрансія Цагкарakis, Стаматіос Пападакіс та Майкл Калогіанакіс [17, 20].

Тому в період карантину та війни закладами освіти використовуються принципово нові форми навчання [3]. 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 [11].

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 [21]. Використання хмарних технологій у процесі навчання фізики, уже розглядалось науковцями з України та світу, зокрема, ця проблема була описана у роботах Максима Хомутенка [9], Валерія Бикова, Марії Шишкіної та ін. [14].

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 [22], консоліднують 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 руху зв'язаних тіл».

Мета роботи: Визначити коефіцієнт тертя ковзання дерева по дереву.

Обладнання: лінійка, терези з тягарцями (або динамометр), секундомір, дерев'яна поверхня, дерев'яний брусок, нерухомий блок, важок масою 100 г, міцна нитка завдовжки 1,5–2 м.

Вказівки до роботи:

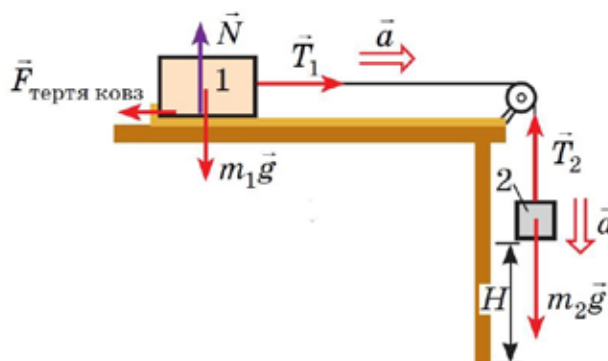


Рис. 1. Розподіл сил зв'язаних тіл

Підготовка до експерименту

1. Виміряйте масу m_1 бруска 1.
2. Зберіть експериментальну установку (див. рис. 1).
3. Skorиставшись формулою переміщення, доведіть: коли брусок 1 починає рух під дією тягарця 2, їх прискорення можна визначити за формулою:

$$a = \frac{2H}{t^2}. \quad (1)$$

4. Для кожного тіла запишіть рівняння другого закону Ньютона і, врахувавши, що $T_1 = T_2$, а $F_{\text{тертя ковз}} = \mu N$, доведіть, що

$$\mu = \frac{m_2 g - (m_1 + m_2) a}{m_1 g}. \quad (2)$$

Експеримент

Суворо дотримуйтесь інструкції з безпеки. Результати вимірювань відразу заносьте до таблиці (табл. 1).

1. Виміряйте масу m_1 бруска 1 та масу m_2 тягарця 2.
2. Розташуйте брусок біля лівого краю трибометра й, утримуючи брусок, виміряйте відстань H від тягарця до підлоги (див. рис. 1).

Таблиця 1

№	Маса бруска m_1 , кг	Маса тягарця m_2 , кг	Висота падіння тягарця H , м	Час падіння		Прискорення тягарця $a_{сер}, \frac{M}{c^2}$	Коефіцієнт тертя ковзання $\mu_{сер}$	Відносна похибка ϵ , %
				t , с	$t_{сер}$, с			
1								
2								
3								

3. Відпустить брусок і виміряйте час t , через який тягарець торкнеться підлоги. Не змінюючи початкового розташування зв'язаних тіл, повторіть дослід ще тричі.

Опрацювання результатів експерименту 1.

1. Обчисліть середній час руху тягарця ($t_{сер}$).

2. За формулою (1) визначте середнє прискорення руху тягарця ($a_{сер}$).

3. За формулою (2) визначте середнє значення коефіцієнта тертя ковзання.

4. Оцініть відносну похибку експерименту, порівнявши значення коефіцієнта тертя ковзання $\mu_{сер}$ дерева по дереву, отриманого в ході експерименту, з табличним значенням $\mu_{табл}$:

$$\epsilon_{\mu} = \left| 1 - \frac{\mu_{сер}}{\mu_{табл}} \right| \cdot 100\%$$

Аналіз експерименту та його результатів

Проаналізуйте експеримент і його результати.

У висновку зазначте: 1) величину, яку ви вимірювали; 2) результат вимірювання; 3) причини похибки.

Висновок

Творче завдання

Запишіть план проведення експерименту щодо визначення прискорення вільного падіння з використанням установки, зображеної на рис. 2. За можливості проведіть експеримент.

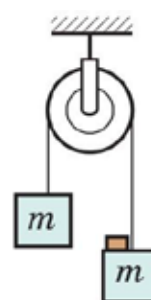


Рис. 2

Це стандартна версія інструкції до лабораторної роботи, яку пропонується проводити в навчальному закладі на уроках лабораторної роботи. На жаль, для виконання цього завдання одночасно всім класом, або хоча б підгрупою, треба мати необхідне матеріальне забезпечення в достатній кількості. Тому ми пропонуємо провести таку роботу дистанційно, попередньо задавши необхідні параметри експерименту.

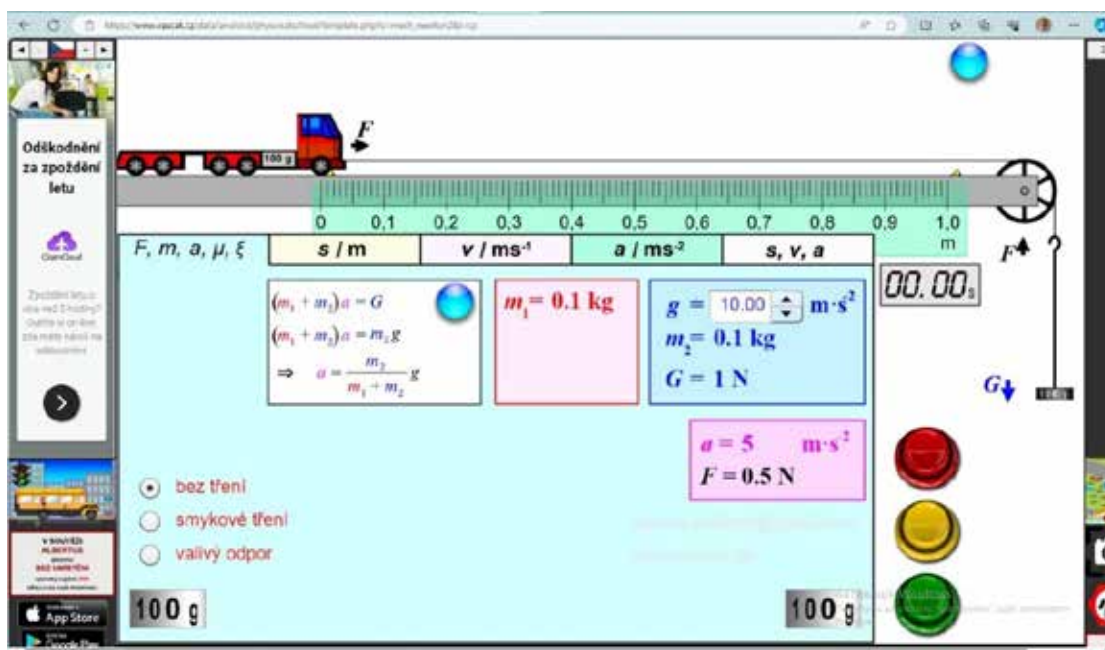


Рис. 3. Стартова сторінка симуляції

Отож, щоб забезпечити виконання такої роботи в умовах дистанційного навчання, ми скористаємося чеським освітнім порталом, який має величезний набір симуляцій з фізики, де студент може як завгодно змінювати параметри деяких компонентів (маси тягарців, важків, коефіцієнтів тертя та гравітацію) [23].

Єдиною відмінністю від класичного експерименту буде відсутність висоти падіння тягарця. Цей параметр буде рівним у всіх експериментах і становитиме 1 м. Важливо наголосити здобувачам, що шлях, пройдений тягарцем, рівний шляху, пройдений важком-автомобілем.

До речі, цей сервіс українізований. Переходячи за посиланням www.vasak.cz/data/android/physicsatschool/templateimg.php?s=mech_newton2&l=cz ми потрапляємо на стартову сторінку симуляції (рис. 3).

На цьому етапі ми маємо можливість встановити масу автомобіля, яка відповідає масі бруска m_1 в лабораторній роботі (рис. 4) (На рис. 3 ця опція знаходиться зліва внизу. Для зменшення маси треба важки знімати з самого автомобіля).

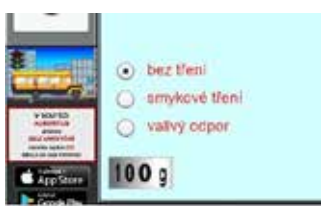


Рис. 4. Параметри набору маси бруска

Далі потрібно обрати масу тягарця, який під дією сили тяжіння надасть прискорення бруску-автомобілю (рис. 5) (На рис. 3 ця опція знаходиться справа внизу. Для зменшення маси, треба важки знімати з самого тягарця).

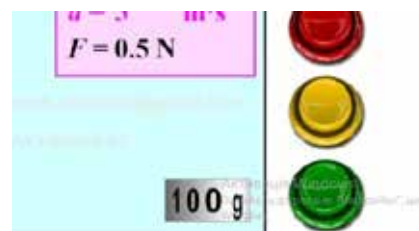


Рис. 5. Параметри набору маси тягарця

І останній, найважливіший параметр – вибираємо тип тертя. Можемо встановити або відсутність тертя, або тертя ковзання чи кочення. (рис. 6).

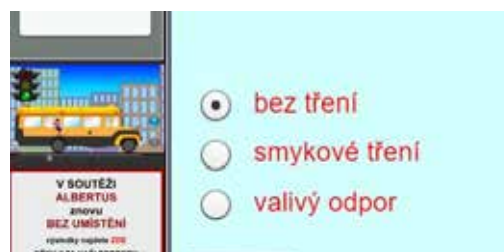


Рис. 6. Параметри вибору типу тертя

Натискаючи на значок запуску симуляції (зелена клавіша), переходимо до вимірювання часу, яке показане на табло (рис. 7).

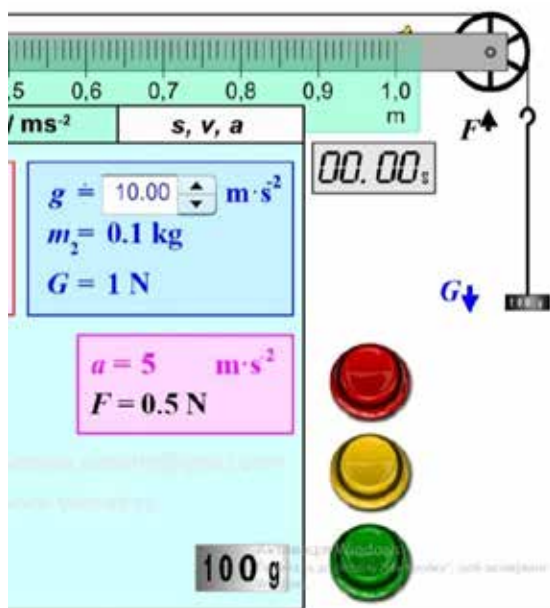


Рис. 7. Управління симуляцією

Завданням викладача буде лише надати кожному здобувачу (або двом) набору певних параметрів симуляції: маса автомобіля, маса тягарця і коефіцієнт тертя.

Родзинкою цієї роботи є декілька додаткових функцій: можливість змінювати коефіцієнт тертя, який ми **приймаємо за табличне значення** (рис. 8) і навіть прискорення сили земного тяжіння (рис. 9).



Рис. 8. Управління величиною тертя

В експерименті ми пропонуємо встановити параметри, які відповідають земній гравітації, а обчислення робити з наближеними значеннями.

Завдяки такому спрощенню здобувачі освіти зроблять висновок про похибку в цій роботі та залежність отриманих результатів від гравітації.

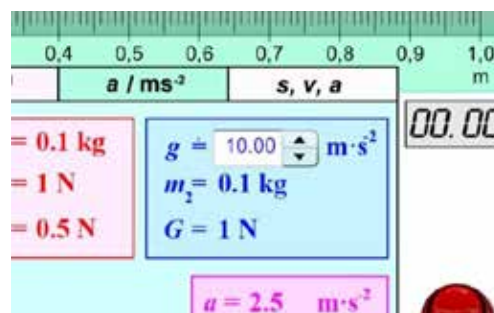


Рис. 9. Управління гравітацією

Більш уважні здобувачі, звичайно, помітять, що практично всі обрахунки уже знаходяться на симуляції, але це ідеальні дані за заданими умовами, на які можна лише орієнтуватися.

Нами була розроблена табличка на 20 варіантів за заданими параметрами, при яких симуляція виконується правильно (табл. 2).

При зміні параметрів симуляція може не працювати.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Отже, розроблений нами методичний проєкт 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 не лише в школі, а також в Луцькій філії вищого приватного навчального закладу Львівський фаховий медичний коледж «Монада», в якому кабінет фізики погано забезпечений. Дослідження 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.

Таблиця 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
m_1	100	100	100	200	200	200	300	300	300	400	400	400	500	500	500	600	600	600	700	700
m_2	100	200	300	100	200	300	100	200	300	100	200	300	100	200	300	100	200	300	100	200
μ	0.5	0.7	0.9	0.5	0.7	0.9	0.3	0.6	0.9	0.2	0.5	0.7	0.2	0.4	0.6	0.1	0.3	0.5	0.1	0.2

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 STEM технологій 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. (2022). Організаційно-методичні умови використання цифрових лабораторій у системі впровадження освітнього напрямку STEM. Фізика та освітні технології, (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 проєкт «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 / М. Хомутенко // 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 / В. Шарко // Наукові записки [Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка]. Серія : Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – 2016. – Вип. 10(3). – С. 160-165. – Режим доступу: [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., Mieniailov 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. www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/templateimg.php?s=mech_newton2&l=cz

REFERENCES:

1. Kontsepsiia upravlinnia protsesamy formuvannia pryrodnycho-naukovoï kompetentnosti maibutnoho pedahoha fizyko-tekhnologichnoho profilu v STEM-orïentovanomu navchalnomu seredovysshchi [The concept of managing the processes of formation of natural science competence of the future teacher of physical and technological profile in a STEM-oriented educational environment]. – S. 104-108. <https://science.kpnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/09/1-1.pdf> [in Ukrainian].
2. Martyniuk O.S. Tryvymirne prototypuvannia yak skladnyk STEM tekhnologii u konstruktyvno-tekhnichnii i naukovo-doslidnii roboti studentiv ta uchniv [Three-dimensional prototyping as a component of STEM technologies in the constructive, technical and research work of students and pupils.]. Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohiiienka. Seriiia pedahohichna / [redkol.: P. S. Atamanchuk (holova, nauk. red.) ta in.]. Kamianets-Podilskyi : Kamianets-Podilskyi natsionalnyi universytet imeni Ivana Ohiiienka, 2019. Vyp. 25 : Upravlinnia informatsiino-navchalnym seredovysshchem yak kontseptualna osnova rezultatyvnosti fizyko-tekhnologichnoi osvity. S. 61-64. URL: <http://ped-series.kpnu.edu.ua/article/view/189486> [in Ukrainian].
3. Martyniuk, O., Myronchuk, H., Pankevych, S. (2022). Orhanizatsiino-metodychni umovy vykorystannia tsyfrovyykh laboratorii u systemi vprovadzhennia osvitnoho napriamu STEM [Organizational and methodological conditions for the use of digital laboratories in the system of implementation of the educational direction STEM]. Fizyka ta osvity tekhnologii, (1), 34–40. <https://doi.org/10.32782/pet-2022-1-4> [in Ukrainian].
4. Mezhuieva I. Yu. / Testuvannia yak forma kontroliu znan, umin, navychok. Perevahy i nedoliky [Testing as a form of control of knowledge, skills, and abilities. Advantages and disadvantages] / Molodyi vchenyi. – 2017. – № 9. – S. 394-398 [in Ukrainian].
5. Nova ukrainska shkola. Kontseptualni zasady reformuvannia serednoi shkoly [New Ukrainian School. Conceptual Foundations of Secondary School Reform]. Ukhvaleno rishenniam kolehii MON 27.10.2016. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf> [in Ukrainian]
6. Osvitnii proekt «Na urok» dlïa vchyteliv.–URL: <https://naurok.com.ua> [in Ukrainian]
7. Pankevych S.S. Osoblyvosti provedennia testuvannia z fizyky zasobamy khmaro orïentovanykh tekhnologii v zakladakh medychnoho profilu [Features of testing in physics by means of cloud-based technologies in medical institutions]. Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohiiienka. Seriiia pedahohichna / [redkol.: S.V. Optasiuk (holova, nauk. red.) ta in.]. Kamianets-Podilskyi : Kamianets-Podilskyi natsionalnyi universytet imeni Ivana Ohiiienka, 2020. Vypusk 26 [in Ukrainian]
8. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid vid 13 sichnia 2021 r. № 131-r «Pro zatverdzhennia planu zakhodiv shchodo realizatsii Kontsepsiï rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity) do 2027 roku» [Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine of January 13, 2021 No. 131-p "On approval of the action plan for the implementation of the Concept for the development of natural and mathematical education (STEM education) until 2027"], 2021. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-planu-zahodiv-sh-a131r> [in Ukrainian].
9. Khomutenko M. Virtualnyi fizychnyi eksperyment v khmaro orïentovanomu navchalnomu seredovysshchi [Virtual Physics Experiment in a Cloud-Based Learning Environment] / M. Khomutenko // Naukovi zapysky [Kirovohradskoho derzhavnogo pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Vynnychenka]. Seriiia : Problemy metodyky fizyko-matematychnoi i tekhnologichnoi osvity. – 2016. – Vyp. 9(3). – S. 175-179 [in Ukrainian].
10. Sharko V. Modernizatsiia systemy navchannia uchniv STEM-dystyplin yak metodychna problema [Modernization of the system of teaching students of STEM disciplines as a methodological problem] / V. Sharko // Naukovi zapysky [Kirovohradskoho derzhavnogo pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Vynnychenka]. Seriiia : Problemy

metodyky fizyko-matematychnoi i tekhnolohichnoi osvity. – 2016. – Vyp. 10(3). – S. 160-165. – Rezhym dostupu: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nz_pmf_m_2016_10\(3\)_37](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nz_pmf_m_2016_10(3)_37) [in Ukrainian].

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. www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/templateimg.php?s=mech_newton2&l=cz [in Czech].