

Міністерство освіти та науки України
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка
Фізико-математичний факультет
Кафедра фізики

Кваліфікаційна робота
магістра на тему:

«Використання PhET - симуляцій у шкільному курсі фізики»

Виконала:

здобувач вищої освіти

II курсу, групи F1-M23

Спеціальності 014 Середня освіта
(Фізика та астрономія)

Філіпченко Вікторія Олександрівна

Керівник:

Поведа Руслан Анатолійович,
Кандидат фізико-математичних наук,
доцент, доцент кафедри фізики

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ СИМУЛЯЦІЙ У НАВЧАННІ ФІЗИКИ	7
1.1. Сучасні тенденції у викладанні фізики.....	7
1.2. Поняття та класифікація освітніх симуляцій.....	13
1.3. Огляд платформи PhET та її можливостей.....	21
1.4. Психолого-педагогічні аспекти використання симуляцій у навчальному процесі.....	28
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ PHET-СИМУЛЯЦІЙ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ	36
2.1. Вибір тем для використання PhET-симуляцій.....	36
2.2. Розробка уроків з використанням PhET-симуляцій.....	43
2.3. Інтеграція симуляцій у різні форми навчання.....	49
2.4. Аналіз ефективності впровадження PhET-симуляцій у навчальний процес.....	57
РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ PHET-СИМУЛЯЦІЙ: РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ	
3.1. Лабораторії у віртуальному просторі.....	68
3.2. «Тригонометрія та її застосування» в розрізі фізики.....	70
3.3. Лабораторна робота. Вивчення вільних коливань математичного маятника.....	75
ВИСНОВКИ	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасному світі стрімкого технологічного розвитку освіта потребує нових підходів, які здатні не лише підвищити якість навчання, а й адаптувати учнів до умов динамічного суспільства, що вимагає критичного мислення, аналітичних навичок і здатності працювати з інформаційними технологіями. Фізика, як одна з фундаментальних природничих дисциплін, є основою для розуміння принципів роботи технологій та природних процесів, проте часто викликає труднощі у школярів через складність абстрактних понять і необхідність оперування теоретичними моделями. Традиційні методи навчання, орієнтовані переважно на запам'ятовування формул і розв'язання задач, не завжди забезпечують глибоке розуміння фізичних явищ і їх застосування в реальному житті. Інтерактивні симуляції, такі як PhET, створюють унікальні можливості для візуалізації складних фізичних процесів та експериментального дослідження моделей у режимі реального часу. Це дозволяє учням краще усвідомити взаємозв'язки між теорією і практикою, а також стимулює їхню зацікавленість предметом. З огляду на глобальні тенденції цифровізації освіти, впровадження PhET-симуляцій у шкільний курс фізики є не просто актуальним завданням — це стратегічна необхідність, що сприяє модернізації освітнього процесу та підготовці учнів до успішного майбутнього в умовах технологічної епохи. Крім того, це допомагає українській освіті відповідати міжнародним стандартам та інтегруватися в європейський освітній простір.

Значення досліджуваної проблеми. PhET-симуляції є потужним інструментом для покращення якості навчання фізики завдяки своїй здатності демонструвати складні фізичні явища у простій, доступній та інтерактивній формі. Це особливо важливо для учнів, які сприймають інформацію візуально або мають труднощі з розумінням абстрактних

концепцій. Використання симуляцій дозволяє учням не лише спостерігати за фізичними процесами, а й активно взаємодіяти з ними, що підвищує рівень зацікавленості та залученості у навчальний процес. PhET-симуляції також сприяють формуванню ключових компетентностей, таких як критичне мислення, здатність до самостійного експериментування та навички вирішення проблем. Учні отримують можливість перевіряти різні гіпотези, аналізувати результати та робити висновки, що стимулює розвиток наукового мислення. Важливим є і те, що інтерактивні симуляції дозволяють створювати навчальні середовища, які неможливо відтворити в шкільній лабораторії через обмеження ресурсів або безпеки. Впровадження PhET-симуляцій не тільки підвищує ефективність навчання, а й сприяє підготовці учнів до реалій сучасного науково-технічного світу.

Об'єкт дослідження: процес навчання фізики в середній школі.

Предмет дослідження: використання PhET-симуляцій як інструменту для підвищення ефективності навчання фізики.

Мета дослідження: теоретично обґрунтувати та експериментально перевірити ефективність використання PhET-симуляцій у шкільному курсі фізики.

Завдання дослідження:

- Проаналізувати теоретичні основи використання інтерактивних симуляцій у навчанні.
- Визначити дидактичні можливості PhET-симуляцій.
- Розробити методичні рекомендації для використання PhET-симуляцій на уроках фізики.
- Провести педагогічний експеримент для перевірки ефективності впровадження симуляцій.

Гіпотеза дослідження: використання PhET-симуляцій у навчальному процесі з фізики підвищує рівень засвоєння знань учнями та сприяє розвитку практичних навичок.

Методи дослідження: теоретичний аналіз наукової літератури; педагогічний експеримент; спостереження та анкетування; аналіз і порівняння результатів навчальних досягнень учнів.

Теоретичне значення. Дослідження суттєво розширює уявлення про роль інтерактивних технологій у навчальному процесі, зокрема в контексті вивчення фізики. Воно поглиблює науково-педагогічну базу щодо впровадження цифрових інструментів у шкільну освіту та розкриває механізми впливу інтерактивних симуляцій на пізнавальну діяльність учнів. У роботі теоретично обґрунтовано дидактичні можливості PhET-симуляцій, їх роль у формуванні наукового світогляду та розвитку критичного мислення. Дослідження систематизує підходи до використання віртуальних експериментів і пропонує модель інтеграції симуляцій у навчальний процес, що може стати основою для подальших наукових досліджень у галузі цифрової освіти. Крім того, теоретична частина роботи аналізує сучасні тенденції та підходи до використання PhET-симуляцій у навчанні фізики в різних країнах світу, що дозволяє порівняти ефективність традиційних та інноваційних методів викладання. Отримані результати можуть слугувати базою для створення нових педагогічних концепцій і стратегій впровадження цифрових технологій у освітню практику.

Практичне значення. Розроблені рекомендації мають практичну цінність для вчителів фізики, які прагнуть підвищити ефективність навчального процесу через використання сучасних технологій. Запропоновані методичні матеріали можуть бути використані для підготовки та проведення уроків фізики на різних етапах навчання, від базового до поглибленого рівня. Вони допоможуть викладачам створювати інтерактивні заняття, які не лише полегшують засвоєння складних теоретичних концепцій, а й роблять навчання більш цікавим та мотивуючим для учнів. Крім того, результати дослідження можуть бути використані при розробці нових освітніх програм, посібників та

навчально-методичних комплексів, орієнтованих на використання цифрових симуляцій. Впровадження рекомендацій у шкільну практику сприятиме підвищенню рівня підготовки учнів до складання зовнішнього незалежного оцінювання (ЗНО) з фізики, а також до участі в олімпіадах і наукових конкурсах. Практичні напрацювання також можуть бути корисними для організації дистанційного та змішаного навчання, забезпечуючи доступ до якісних освітніх ресурсів незалежно від технічного оснащення класів. Вони можуть стати основою для підвищення кваліфікації вчителів фізики, а також для розробки курсів і тренінгів з інтеграції PhET-симуляцій у навчальний процес.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 95 сторінок.

ВИСНОВКИ

У сучасних освітніх процесах використання моделювання стало важливим інструментом, який значно підвищує ефективність засвоєння навчального матеріалу. Симуляції, такі як PhET, дозволяють учням візуалізувати складні концепції та зробити навчання більш інтерактивним і захоплюючим. Вони не тільки допомагають студентам зрозуміти теоретичні основи, але й сприяють розвитку практичних навичок, таких як аналіз, синтез інформації та прийняття рішень. Крім того, моделювання стимулює критичне мислення, даючи студентам можливість експериментувати з різними змінними та спостерігати за результатами своїх дій у реальному часі. Це дозволяє учням безпосередньо взаємодіяти з об'єктами навчання, створюючи умови для глибшого розуміння предмета. Важливо також відзначити, що інтерактивний підхід до навчання через симуляцію дозволяє індивідуалізувати процес навчання з урахуванням різних стилів сприйняття інформації. Симуляції також розвивають навички співпраці та спілкування в учнів, оскільки вони часто працюють у групах та обговорюють свої спостереження та результати. Це не тільки покращує соціальні навички, але й зміцнює командний дух, що є важливим аспектом сучасної освіти. Загалом використання симуляції в навчанні відкриває перед учнями нові горизонти та робить процес навчання більш динамічним, цікавим та ефективним. Таким чином моделювання стало важливим інструментом сучасної освіти, сприяючи формуванню компетентних і критично мислячих осіб.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Архіпова І. С. Взаємодія викладача та студента у інформаційно комунікаційному педагогічному середовищі. *Збірник наукових праць [Херсонського державного університету]. Педагогічні науки.* – 2015. – №. 67. – С. 289-292. – [Електронне джерело] - URL: <https://ps.journal.kspu.edu/index.php/ps/article/view/3152> (дата звернення: 21.11.2024)
2. Биков В. Ю. Проблеми і завдання розвитку комп'ютерно-технологічної платформи інформаційно-освітнього простору. Освітній україноцентризм Георгія Філіпчука : *збірник наукових праць* – 2016. – Т. 1. – №. 1. – С. 514-522. – [Електронне джерело] - URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/77240791.pdf> (дата звернення: 21.11.2024)
3. Білан А. М. Формування методичної готовності майбутнього вчителя до роботи в умовах інформаційно-освітнього середовища. Формування методичної готовності майбутнього вчителя інформаційноосвітнього середовища закладу освіти. Освітній дискурс : *збірник наукових праць* – 2018. – Випуск 7 (8). – [Електронне джерело] - URL: <https://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/21515> (дата звернення: 21.11.2024)
4. Бугайчук К. Л. Гейміфікація у навчанні: сутність, переваги, недоліки. Міжнародна науково-практична конференція Дистаційна освіта України : *збірник матеріалів* – 2015. – С. 39-43. – [Електронне джерело] - URL: https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=yWMnC58AAAAJ&citation_for_view=yWMnC58AAAAJ:XiVPGOgt02cC (дата звернення: 21.11.2024)

5. Бузько В. Л., Величко С. П. Реалізація міжпредметних зв'язків у процесі навчання фізики: наукова стаття – 2009. – [Електронне джерело] - URL: https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=uk&user=NtrHOVkAAAAJ&citation_for_view=NtrHOVkAAAAJ:Y0pCki6q_DkC (дата звернення: 22.11.2024)
6. Бурак В. І. "Аналіз змісту курсу фізики основної школи за новою програмою". Педагогічна серія Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка : *збірник наукових праць* – 2015. – №.21. – С. 171-175. – [Електронне джерело] - URL: <http://ped-series.kpnu.edu.ua/article/view/69565> (дата звернення: 22.11.2024)
7. Візнюк В. Цифрова компетентність майбутніх педагогів як невід'ємна складова професійної підготовки. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: педагогіка*. 2019 (1). С. 130–136. – [Електронне джерело] - URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=NZTNPU_ped_2019_1_19 (дата звернення: 22.11.2024)
8. Весела Н. О. STEM-освіта як перспективна форма інноваційної освіти в Україні. STEM в освіті: проблеми і перспективи : наукова публікація – 2017. – [Електронне джерело] - URL: http://elar.ippo.edu.te.ua:8080/bitstream/123456789/4567/1/01_%20Vesela.pdf (дата звернення: 23.11.2024)
9. Гапчук Я. А. Педагогічний потенціал інформатизації освітнього процесу у вищій школі. Інформаційно-комунікаційні технології в освіті : наукова стаття – 2019. – [Електронне джерело] - URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN

N=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=innped_2019_12%281%29_39 (дата звернення: 23.11.2024)

10. Головка М. В., Крижановський С. Ю., Мацюк В. М. Моделювання віртуального фізичного експерименту для систем дистанційного навчання в загальноосвітній і вищій педагогічній школах. Інформаційні технології і засоби навчання: збірник наукових публікацій – 2015. – №. 47, вип. 3. – С. 36-48. – [Електронне джерело] - URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=ITZN_2015_47_3_6 (дата звернення: 23.11.2024)
11. Гулінський О. В., Совкова Т. С. Віртуальні лабораторії у сучасних технологіях навчання шкільного курсу фізики. Тенденції розвитку сучасної наукової думки – 2020. – Т. 10. – С. 451. – [Електронне джерело] - URL: https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=uk&user=YgKozdAAAAAJ&citation_for_view=YgKozdAAAAAJ:eQOLeE2rZwMC (дата звернення: 23.11.2024)
12. Дементієвська Н. П. Використання інтернет-ресурсів для навчального експерименту з курсу фізики середньої школи. Інформаційні технології і засоби навчання : електронне наукове фахове видання «Інформаційні технології і засоби навчання». 2012. № 3 (29). – [Електронне джерело] - URL: https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=5L467aAAAAAJ&citation_for_view=5L467aAAAAAJ:KlAtU1dfN6UC (дата звернення: 23.11.2024)
13. Дима Я., Руденко О., Саєнко О. "Проведення лабораторних робіт з фізики із застосуванням інтерактивних методик та комп'ютерної

- техніки": *збірник наукових праць Уманського державного педагогічного університету*. – 2009. – №. 2. – С. 100-107. – [Електронне джерело] - URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=znpu2009_2_15 (дата звернення: 23.11.2024)
14. Доценко С. О., Лебедева В. В. STEM-освіта як засіб активізації творчого потенціалу особистості: наукова публікація – 2017. – [Електронне джерело] - URL: https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=MCucR_oAAAAJ&citation_for_view=MCucR_oAAAAJ:L8Ckca_d2t8MC (дата звернення: 24.11.2024)
15. Доценко С. О. STEM-освіта: науковий дискурс та освітні практики: наукова публікація – 2021. – [Електронне джерело] - URL: https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=MCucR_oAAAAJ&citation_for_view=MCucR_oAAAAJ:LI9QrySNdTsC (дата звернення: 24.11.2024)
16. Єчкало Ю. Методи навчання комп'ютерного моделювання фізичних процесів і явищ у вищій школі. Педагогічні науки : *збірник наукових праць Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького*. – 2016. – №. 7. – [Електронне джерело] - URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/704312/1/%D0%92%D0%86%D0%A1%D0%9D%D0%98%D0%9A.pdf> (дата звернення: 24.11.2024)
17. Жук Ю. О., Соколюк О. М., Дементієвська Н.П., Слободяник О. В., Соколов П. К. Використання Інтернет технологій для дослідження природних явищ у шкільному курсі фізики : посібник / за ред. Ю. О. Жука ; Ін-т інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України. Київ: Атіка, 2014. 172 с. – [Електронне джерело] - URL:

<http://www.irbis-nbuv.gov.ua/publ/REF-0000568112> (дата звернення: 24.11.2024)

18. Жук М. Д., Мартинюк С. В., Федчишин О. М. Інформаційно-комунікаційні технології у процесі навчання фізики. Тези доповідей I Міжнародної науково-практичної конференції «Modern science: problems and innovations» (Стокгольм, Швеція, 5–7 квітня 2020 р.). 2020. С. 390–398. – [Електронне джерело] - URL: https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=uk&user=S3vafxkAAAAJ&citation_for_view=S3vafxkAAAAJ:2P1L_qKh6hAC (дата звернення: 25.11.2024)
19. Кайку М. Фізика майбутнього. Як наука вплине на долю людства і змінить наше повсякденне життя у XXI сторіччі. Мандрівець 5 : *збірник наукових праць* – 2013. – №. 5. – С. 4-23. – [Електронне джерело] - URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=Mandriv_2013_5_3 (дата звернення: 25.11.2024)
20. Каленик В. І., Каленик М. В. Оцінювання навчальних досягнень випускників шкіл з фізики в умовах профільного навчання: наукова стаття – 2010. – [Електронне джерело] - URL: https://scholar.google.ru/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=UUejav2yJl0C&citation_for_view=UUejav2yJl0C:JV2RwH3_ST0C (дата звернення: 25.11.2024)
21. Коневщинська О. Е. Мережні технології як складова інформаційноосвітнього середовища навчального закладу. Інформаційно-комунікаційні технології в сучасній освіті: досвід, проблеми, перспективи : *збірник наукових праць* – 2015. – Т. 4. – №. 2. – С. 9-11. – [Електронне джерело] - URL: <http://eprints.zu.edu.ua/22442/> (дата звернення: 25.11.2024)

22. Кузьменко О. Проблеми використання комп'ютерного моделювання у процесі вивчення фізики в середній школі. Психолого-педагогічні проблеми сільської школи : *збірник наукових публікацій* – 2012. – №. 40. – С. 48-54. – [Електронне джерело] - URL: https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=uk&user=IsbFHDwAAAAJ&citation_for_view=IsbFHDwAAAAJ:9yKSN-GCB0IC (дата звернення: 25.11.2024)
23. Литвинова С. Модель використання системи комп'ютерного моделювання для формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів. Фізико-математична освіта. 2019. Вип. 1 (19). С. 108–115. – [Електронне джерело] - URL: <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/publ/REF-0000706304> (дата звернення: 25.11.2024)
24. Лопатка Г. Ф., Черняк В. М., Смерека Г. І. STEM-освіта в освітньому процесі. Концептуалізація професійних компетентностей вчителя в умовах інноваційного освітнього простору сучасної школи: матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф.м. Тернопіль, 10-11 червня. 2021 р. Тернопіль, 2021. С. 57–60. – [Електронне джерело] - URL: <http://elar.ippo.edu.te.ua:8080/handle/123456789/5706> (дата звернення: 25.11.2024)
25. Макаревич О. О. Гейміфікація як невід'ємний чинник підвищення ефективності елементів дистанційного навчання. Молодий вчений : *збірник публікацій* – 2015. – №. 2 (17). – С. 275. – [Електронне джерело] - URL: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=molv_2015_2\(6\)_73](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=molv_2015_2(6)_73) (дата звернення: 25.11.2024)

26. Мохун С. В., Федчишин О. М. Використання віртуальних фізичних моделей в умовах дистанційного навчання. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи: Матеріали VI міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Тернопіль, 12–13 листопада 2020 р.). Тернопіль, 2020. С. 139–142. – [Електронне джерело] - URL: https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=uk&user=S3vafxkAAAAJ&citation_for_view=S3vafxkAAAAJ:yD5IFk8b50cC (дата звернення: 26.11.2024)
27. Непорожня Л. В. Особливості розвитку науково-методичного забезпечення навчання фізики для основної школи з позицій компетентнісного підходу. Проблеми сучасного підручника : *збірник наукових праць* – 2013. – №. 13. – С. 168-176. – [Електронне джерело] - URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=psp_2013_13_20 (дата звернення: 26.11.2024)
28. Панченко Г. Д., Шевченко А. Ф. Інформаційно-освітнє середовище в професійній підготовці вчителя. Педагогічна освіта: теорія і практика : *збірник наукових праць* – 2012. – Т. 11. – С. 69-81. – [Електронне джерело] - URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=znppo_2012_11_15 (дата звернення: 26.11.2024)
29. Переяславська С. О., Смагіна О. О. Гейміфікація як сучасний напрям вітчизняної освіти. *Відкрите освітнє середовище сучасного університету*. – 2019. – С. 250-260. – [Електронне джерело] - URL:

http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=oeemu_2019_spetsvip._26 (дата звернення: 26.11.2024)

30. Сакунова Г. В., Мороз І. О. STEM-освіта: зарубіжний досвід та перспективи розвитку в Україні. Педагогічні науки : наукові записки Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка – 2018. – №. 168. – С. 204-208. – [Електронне джерело] - URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=Nz_p_2018_168_52 (дата звернення: 27.11.2024)
31. Сільвейстр А. М., Сільвейстр А. Н. Реалізація міжпредметних зв'язків під час навчання фізики, хімії і біології у школі: наукова стаття – 2013. – [Електронне джерело] - URL: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=uk&user=sHbC7scAAAAJ&citation_for_view=sHbC7scAAAAJ:r0BpntZqJG4C (дата звернення: 27.11.2024)
32. Сіпій В. Формування політехнічних умінь в процесі навчання фізики учнів основної школи з використанням смартфонів. Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти : наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка – 2016. – №. 12 (1). – С. 92-96. – [Електронне джерело] - URL: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=nz_pmfm_2016_12\(1\)_18](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=nz_pmfm_2016_12(1)_18) (дата звернення: 27.11.2024)

33. Слободяник О. В. Використання комп'ютерних моделей під час індивідуальної роботи учнів з фізики. Фізико-математична освіта. 2019. Вип. 4 (22). С. 116–123. – [Електронне джерело] - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vikoristannya-komp-yuternih-modeley-p-id-chas-individualnoyi-roboti-uchniv-z-fiziki> (дата звернення: 27.11.2024)
34. Соколюк О. М. Особливості формування інформаційно-комунікаційного середовища навчання фізики. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. – 2016. – Т. 1. – №. 9. – [Електронне джерело] - URL: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=nz_pmfm_2016_9\(1\)_25](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=nz_pmfm_2016_9(1)_25) (дата звернення: 27.11.2024)
35. Сущенко Л. О. Педагогічні інновації: від стратегії до реалізації / Л. О. Сущенко. Педагогіка і психологія : вісник Дніпропетровського університету імені Альфреда Нобеля – 2015. – №. 2. – С. 302–307. – [Електронне джерело] - URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=vduer_2015_2_53 (дата звернення: 28.11.2024)
36. Федчишин О. М. Діяльність учителя на уроках фізики з використанням інформаційних технологій та засобів навчання. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи: тези доп. міжн. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Тернопіль, 9–10 листопада, 2017). Тернопіль, 2017. С. 244–248. – [Електронне джерело] - URL: https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=uk&

user=S3vafxkAAAAJ&citation_for_view=S3vafxkAAAAJ:qxL8FJ1GzNcC (дата звернення: 28.11.2024)

37. Федчишин О. М., Мохун С. В., Чопик П. І. Методичні основи використання РНЕТ-симуляцій у процесі вивчення фізики. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Педагогіка. Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка*, 2022. № 1. С. 16-24. – [Електронне джерело] - URL: https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=uk&user=S3vafxkAAAAJ&citation_for_view=S3vafxkAAAAJ:B3FOqHP1NUQC (дата звернення: 28.11.2024)
38. Хміль Н. А., Кисельова О. Б. Формування у майбутніх учителів навичок використання інтерактивних дошок в освітньому процесі. *Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти : наукові записки* – 2016. – Т. 2. – №. 7. – [Електронне джерело] - URL: https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=OYrzmMwAAAAJ&citation_for_view=OYrzmMwAAAAJ:ZeXyd9-uunAC (дата звернення: 28.11.2024)
39. Adams W. K., Wieman C. E. Development and validation of instruments to measure learning of expert-like thinking. *International Journal of Science Education*. 2011. 33(9). P. 1289–1312. – [Електронне джерело] - URL: <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/4Nb0wP24/> (дата звернення: 28.11.2024)
40. Banda H. J., Nzabahimana J. Effect of integrating physics education technology simulations on students' conceptual understanding in physics: A review of literature. *Physical Review Physics Education Research*. 2021. 17(2). P. 023108. – [Електронне джерело] - URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Effect-of-integrating-physics-education-technology-Banda-Nzabahimana/e6b72804b7dab148f8339efe90bdd4a069ca86db> (дата звернення: 29.11.2024)

41. Finkelstein N. D., Adams W. K., Keller C. J., Kohl P. B., Perkins K. K., Podolefsky N. S., Reid S. When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*. 2005. 1(1). P. 010103. – [Електронне джерело] - URL: <https://eric.ed.gov/?id=EJ839536> (дата звернення: 29.11.2024)
42. Kriek J., Stols G. Teacher Practice and Integration of ICT: Why Are or Aren't South African Teachers Using ICTs in Their Classrooms. *International Journal of Instruction*. 2020. 14(1). P. 101–114. – [Електронне джерело] - URL: https://scholar.google.co.za/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=MMubJYoAAAAJ&citation_for_view=MMubJYoAAAAJ:J_g5lzvAfSwC (дата звернення: 29.11.2024)
43. Ma J., Nickerson J. V. Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review. *ACM Computing Surveys (CSUR)*. 2006. 38(3). P. 1–24. – [Електронне джерело] - URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1132960.1132961> (дата звернення: 30.11.2024)
44. Perkins K. K., Adams W. K., Dubson M., Finkelstein N. D., Reid S., Wieman C. E. PhET: Interactive simulations for teaching and learning physics. *The Physics Teacher*. 2006. 44(1). P. 18–23. – [Електронне джерело] - URL: https://www.researchgate.net/publication/241167894_PhET_Interactive_Simulations_for_Teaching_and_Learning_Physics (дата звернення: 30.11.2024)
45. Price A., Perkins K., Holmes N., Wieman C. How and why do high school teachers use PhET interactive simulations? *Physics Education Research Conference Proceedings*. 2018. C. 67–72. – [Електронне джерело] - URL: https://www.researchgate.net/publication/330549857_How_and_why_do

high_school_teachers_use_PhET_interactive_simulations (дата звернення: 30.11.2024)

46. Wieman C. E., Adams W. K., Perkins K. K. PhET: Simulations that enhance learning. Science. 2008. 322(5906). С. 682–683. – [Електронне джерело] - URL: https://www.researchgate.net/publication/23441908_Physics_PhET_Simulations_that_enhance_learning (дата звернення: 30.11.2024)
47. Гаркуша І.П. Вивчення вільних коливань математичного маятника. Методичні вказівки до лабораторних робіт. Кафедра фізики. Національний ТУ «Дніпровська політехніка». Вип. 4.6. с. 1-3. [Електронне джерело] - URL: https://physics.nmu.org.ua/ua/To_students/Day_mode_of_study/Methodical_instructions_to_laboratory_works/Fluctuations%20and%20waves/4_6_ua.pdf