

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

Науковий журнал
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА
Видасться з 2013.



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

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

DOI 10.31110/2413-1571-2023-038-5-008

УДК 370.1:8

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВИКЛАДАННІ ФІЗИКИ: АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПРАКТИК

DIGITAL TECHNOLOGIES IN TEACHING PHYSICS: AN ANALYSIS OF EXISTING PRACTICES

Артем ЮРЧЕНКО ✉

Сумський державний педагогічний університет
імені А.С.Макаренка, Україна
a.yurchenko@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-6770-186X>

Юрій ХВОРОСТИНА

Сумський державний педагогічний університет
імені А.С.Макаренка, Україна
y-y-y@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-8354-944X>

Володимир ШАМОНЯ

Сумський державний педагогічний університет
імені А.С.Макаренка, Україна
shamonawg@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3201-4090>

Олена СЕМЕНІХІНА

Сумський державний педагогічний університет
імені А.С.Макаренка, Україна
e.semenikhina@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3896-8151>

Artem YURCHENKO ✉

Makarenko Sumy State Pedagogical University, Ukraine
a.yurchenko@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-6770-186X>

Yurii KHVOROSTINA

Makarenko Sumy State Pedagogical University, Ukraine
y-y-y@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-8354-944X>

Volodymyr SHAMONIA

Makarenko Sumy State Pedagogical University, Ukraine
shamonawg@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3201-4090>

Olena SEMENIKHINA

Makarenko Sumy State Pedagogical University, Ukraine
e.semenikhina@fizmatsspu.sumy.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3896-8151>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Вчителі в Україні через нестачу фінансування шкіл обладнанням для звичайних фізичних експериментів ведуть пошук альтернативних шляхів навчання фізики, серед яких – використання цифрових технологій і засобів. Методики їх використання не є усталеними. Ступінь їх впливу на результати навчання не є однозначним, тому доцільним бачиться аналіз наявних практик їх використання. Метою дослідження є характеристика стану впровадження цифрових технологій і засобів в навчання фізики, які презентуються у наукових публікаціях.

Матеріали і методи. Методика дослідження передбачала аналіз і систематизацію наукових публікацій для виявлення окремих освітніх трендів використання ЦТ в навчанні фізики, а також проведення опитувань та вивчення думок вчителів за допомогою бесід. В опитуванні брали участь учителі фізики та студенти (Сумська область, Україна). Загальна кількість респондентів 106 осіб.

Результати. За аналізом наукових публікацій виявлено наступні напрями використання цифрових технологій в навчанні фізики: використання цифрових засобів як інструментів дослідження фізичних процесів; використання застосунків для розв'язування фізичних задач; використання віртуальних і цифрових фізичних лабораторій; використання віртуальної і доповненої реальності в навчанні фізики; використання спеціалізованих середовищ для моделювання фізичних процесів. українські вчителі використовують цифрові технології в навчанні фізики, причому за контент-аналізом відзначаємо популярність використання саме віртуальних лабораторій для візуалізації симуляції фізичних процесів.

Висновки. Аналіз теоретичних напрацювань доводить поширення досвіду впровадження цифрових технологій у навчання фізики, проте практичний стан їх використання в Україні свідчить про поодинокі практики. Причинами є не лише слабка матеріально-технічна база, а і незнання шляхів використання ЦТ в навчанні фізики та неготовність працюючих учителів використовувати такі технології. Тому актуальним завданням університетів є випереджувальна підготовка вчителів фізики, які будуть обізнані з

ABSTRACT

Formulation of the problem. Teachers in Ukraine, due to the lack of funding for schools with equipment for conventional physical experiments, are looking for alternative ways to teach physics, including the use of digital technologies. The degree of their influence on learning outcomes is not unambiguous, so it is advisable to analyze the existing practices of their use. The study aims to characterize the state of the introduction of digital technologies and tools in teaching physics, which are presented in scientific publications and existing practices.

Materials and methods. The research methodology involved analyzing and systematizing scientific publications to identify individual educational trends in the use of DT in teaching physics, as well as conducting surveys and studying teachers' opinions through conversation. The survey involved physics teachers and students (Sumy region, Ukraine). The total number of respondents is 106 people.

Results. The following directions of using digital technologies in teaching physics have been identified: the use of digital tools as tools for studying physical processes; the use of applications for solving physical problems; the use of virtual and digital physics laboratories; use of virtual and augmented reality teaching physics; use of specialized environments for modeling physics processes.

Conclusions. The analysis of theoretical developments proves the spread of experience in introducing digital technologies in teaching physics, but the practical state of their use in Ukraine indicates isolated practices. The reasons are the weak material and technical base; the ignorance of how to use DT in teaching physics; the unwillingness of working teachers to use digital technologies. So, the urgent task of universities is the proactive training of physics teachers who will be familiar with various digital technologies and means of teaching physics and are ready to introduce effective methods of their use in their professional activities.

Для цитування:

Юрченко А., Хворостина Ю., Шамоня В., Семеніхіна О. Цифрові технології у викладанні фізики: аналіз існуючих практик. *Фізико-математична освіта*, 2023. Том 38. № 5. С. 53-59. DOI: 10.31110/2413-1571-2023-038-5-008

Юрченко, А., Хворостина, Ю., Шамоня, В., & Семеніхіна, О. (2023). Цифрові технології у викладанні фізики: аналіз існуючих практик. *Фізико-математична освіта*, 38(5), 53-59. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-5-008>

For citation:

Yurchenko, A., Khvorostina, Yu., Shamon, V., & Semenikhina, O. (2023). Digital technologies in teaching physics: an analysis of existing practices. *Physical and Mathematical Education*, 38(5), 53-59. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-5-008>

Yurchenko, A., Khvorostina, Yu., Shamon, V., & Semenikhina, O. (2023). Tsyfrovі tehnolohii u vykladanni fizyky: analiz isnuuychkh praktyk [Digital technologies in teaching physics: an analysis of existing practices]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 38(5), 53-59. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-5-008>

✉ Corresponding author

© A. Yurchenko, Yu. Khvorostina, V. Shamon, O. Semenikhina, 2023

різними цифровими технологіями і засобами навчання фізики та готові впроваджувати ефективні методики їх використання у власній професійній діяльності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: навчання фізики; цифрові технології в навчанні фізики; віртуальні фізичні лабораторії; комп'ютерні симуляції; вчитель фізики; професійна підготовка.

KEYWORDS: teaching physics; digital technologies in teaching physics; virtual physics laboratories; computer simulations; physics teacher.

ВСТУП

Розвиток ІТ вплинув на освітню галузь. Сьогодні є велика кількість програмних засобів предметного спрямування (математика, фізика, біологія тощо), покликаних полегшити сприйняття різних понять, явищ і процесів. Серед таких засобів окремою групою стоять засоби для підтримки навчання фізики, які спрощують розрахунки, фіксують дані і будують залежності, моделюють різні фізичні процеси тощо. Особливою групою стоять віртуальні фізичні лабораторії – комп'ютерні середовища, які дозволяють моделювати поведінку об'єктів реального світу в умовах, що наближені до реальних. В таких лабораторіях процеси вимірювання та обробки даних бере на себе комп'ютер, а завдання користувача – лише правильно налаштувати параметри дослідження та побачити наявні залежності.

Вчителі в Україні через нестачу фінансування шкіл обладнанням для звичайних фізичних експериментів ведуть пошук альтернативних шляхів навчання фізики, серед яких – використання цифрових технологій і засобів. Методики їх використання не є усталеними. Ступінь їх впливу на результати навчання не є однозначним, тому доцільним бачиться аналіз наявних практик їх використання.

Метою дослідження є характеристика стану впровадження цифрових технологій і засобів в навчання фізики, які презентуються у наукових публікаціях, та виявлення думок вчителів фізики та студентів, майбутніх учителів фізики, щодо можливості використання цифрових технологій у школі.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Методика дослідження передбачала аналіз і систематизацію наукових публікацій для виявлення окремих освітніх трендів використання ЦТ в навчанні фізики, а також проведення опитувань та вивчення думок вчителів за допомогою бесіди. В опитуванні брали участь учителі фізики та студенти (Сумська область, Україна). Загальна кількість респондентів 106 осіб.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Аналіз світових науково-методичних результатів використання цифрових технологій в навчанні фізики.

Для виявлення науково-методичних результатів з використання цифрових технологій в навчанні фізики нами проаналізовано наукові статті, які містяться в базах Scopus / Web of Science за останні 5 років і які присвячені використанню інформаційних технологій в навчанні фізики.

Ми виявили такі тренди.

Використання цифрових засобів як інструментів дослідження фізичних процесів. Так, у роботі (Milner-Bolotin et al., 2019) представлено досвід використання високошвидкісної відеокамери під час демонстраційних експериментів з фізики. Автори надають приклади експериментів, які використовуються у вступних курсах фізики і які можуть мати значення під час аналізу уповільненого відтворення знятого матеріалу. Стаття (Anni, 2021) присвячена використанню смартфона як портативної лабораторії для виконання різноманітних фізичних експериментів. Зокрема, описується кілька експериментів з визначення прискорення сили тяжіння g .

Використання спеціалізованих застосунків для розв'язування фізичних задач. У роботі (Education Alexis Media) аналізується застосунок «Physics Master» (<https://play.google.com/store/apps/details?id=co.alexis.gbbxs>), розробником якого є Education Alexis Media – інститут онлайн коучинга в Індії. Застосунок налічує різноманітні фізичні функції, може слугувати помічником під час розрахунку швидкості, прискорення та інших величин. Physics Master має функцію фізичного калькулятора, що допомагає при обчисленні задач різної складності, а також показує кроки для виконання задач. Даний мобільний застосунок налічує багато тем для вивчення та узагальнення теорії, серед них: фундаментальні величини, похідні величини, векторні та скалярні величини, вимірювання та похибки, основи кінематики, середня та миттєва швидкість, середнє та миттєве прискорення, рівномірний прискорений рух, закони динаміки та ін. Також застосунок містить онлайн курси з фізики, які допоможуть у розв'язуванні фізичних задач в режимі онлайн. У застосунку містяться записані відеолекції фізиків-практиків, типові тематичні завдання, онлайн-тести, дискусійні групи тощо. Застосунок «PhysicsMaster – Physics Calc» (https://play.google.com/store/apps/details?id=com.terracciano.physics_master), що представлений у статті (Terracciano, n.d.), дозволяє проводити розрахунки за вже відомими величинами, організовувати вікторини, які дають можливість вивчати фізику в ігровій формі.

Використання віртуальних і цифрових фізичних лабораторій. У статті (Mircik & Ahmet, 2018a) схарактеризовано розвиток різних типів віртуальних лабораторій в галузі фізики за останні 30 років. Метою дослідження є оцінка віртуальних лабораторій, які використовуються у викладанні фізики, з точки зору мети використання і методів навчання. Автори порівнюють особливості застосування різних фізичних лабораторій, зручність їх інтерфейсів, закладені інструменти, можливість адаптації таких програм до цільової аудиторії. Робота (Mircik & Ahmet, 2018b) є оглядовою і представляє результати контент-аналізу щодо вибору віртуальних фізичних лабораторій в навчанні фізики вчителями в залежності від теми, яка вивчається. В іншій публікації (Neglia & Lulluy-Nuñez, 2021) описується використання онлайн-платформ, на яких без будь-якого обладнання, лише з відповідним програмним і апаратним забезпеченням, можна проводити віртуальні фізичні експерименти. Автори пропонують використання віртуальних платформ для викладання курсу прикладної фізики на факультеті природничих наук та інженерії. Стаття (Erdogan & Bozkurt, 2022) описує результати дослідження ефективності навчання фізики за допомогою віртуальної лабораторії. На прикладі вивчення геометричної оптики

підтверджено ефективність віртуальних симуляцій для результатів навчання. При цьому не було зафіксовано істотної різниці у ставленні студентів до вивчення фізики.

Використання віртуальної і доповненої реальності навчанні фізики. Автори статті (Monahan et al., 2021), спираючись на імерсивні технології навчання, досліджують проблему викладання абстрактних тем фізики (зокрема, концепції сучасної фізики). Представлено результати навчання концепції Gravity Assist у віртуальному освітньому середовищі (Gravity Assist, також відомий як Gravitational Slingshot або Swing-By, — це метод прискорення або уповільнення космічних зондів шляхом обміну імпульсом із планетою). Ця тема вимагає від студентів навичок абстрактного багатовимірного мислення, яке формувалося у віртуальному середовищі. Окремо зауважимо, що як доповнену реальність можна сприймати дані, що генерують застосунки-датчики для вимірювання температури, відстані, прискорення, освітленості, рівня шуму, магнітних властивостей тощо (рис. 1).

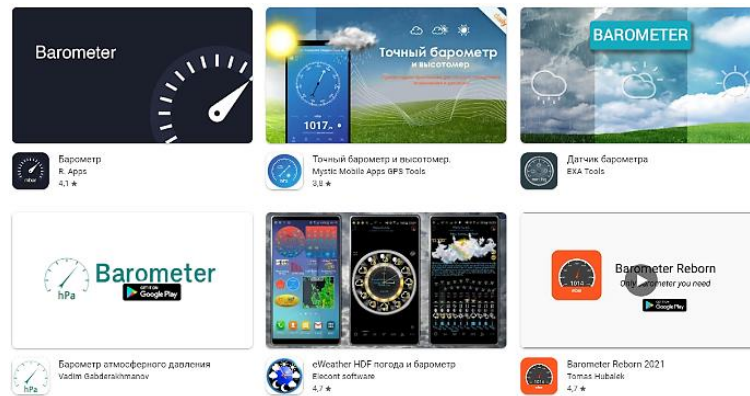


Рис. 1. Різноманітність застосунків-барометрів

Використання спеціалізованих середовищ для моделювання фізичних процесів. У роботі (Pucholt, 2021) досліджено метод комп'ютерного моделювання як метод навчання. Автори доводять, що це повноцінний метод навчання фізики. У статті (Jancheski, 2019) автор демонструє, як можна ефективно використовувати середовище GeoGebra (<https://www.geogebra.org/>) для створення анімації і моделювання при вивченні фізики. Автор презентує декілька прикладів цифрових навчальних матеріалів: анімацію, симуляції та комп'ютерні ігри, які можуть допомогти зрозуміти терміни, явища та процеси, а також покращити засвоєння знань та вмінь у кількох галузях фізики, включаючи рухи, динаміку, електричні кола та гойдалки. Дослідження підкреслює зв'язок між цими цифровими навчальними матеріалами та теорією фізики.

Отже, за аналізом наукових публікацій виявлено наступні напрями використання цифрових технологій в навчанні фізики:

- використання цифрових засобів як інструментів дослідження фізичних процесів;
- використання застосунків для розв'язування фізичних задач;
- використання віртуальних і цифрових фізичних лабораторій;
- використання віртуальної і доповненої реальності навчанні фізики;
- використання спеціалізованих середовищ для моделювання фізичних процесів.

Аналіз українських науково-методичних праць щодо використання цифрових технологій в навчанні фізики.

Аналіз українського наукового простору з методики навчання фізики в школі підтвердив наведені напрями використання цифрових технологій в навчанні фізики. Зокрема, для підготовки до зовнішнього незалежного оцінювання з фізики *в роботі* (BbytesLab, n.d.) пропонується мобільний застосунок фізичного спрямування «*Фізичні формули. Фізика*» (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ua.physics>) розроблений групою українських фахівців BbytesLab). Застосунок включає в себе основні формули і таблиці з українського шкільного курсу фізики (7-11 клас) і може працювати без доступу до інтернет.

Автори статті (Колесникова et al., 2019) пропонують використовувати Lab4Physics (<https://lab4u.co/en/lab-in-your-rocket/lab4physics/>) для проведення навчального фізичного експерименту. Lab4Physics — це програма, яка поряд із закладеними в програму вимірювальними датчиками дозволяє використовувати девайс студента як лабораторний інструмент. Автори стверджують, що завдяки цьому можна проводити значну кількість експериментів без спеціального фізичного обладнання. Щоб провести експеримент, необхідно обрати і запустити потрібний віртуальний інструмент та навести смартфон на об'єкт, параметри якого вимірюються. Автори відзначають, що до переваг використання мобільних пристроїв та застосунків на уроках в школі можна віднести: мобільність, доступність, компактність, швидкість.

У роботі (Юрченко, 2015) описано склад та сфери використання поширеної у світі цифрової лабораторії «Einstein» (<https://rozumniki.com/catalog/tovary/tsyfrova-bezdrotova-laboratoriya-einstein-labmate/einstein/komplekt-laboratornyy/tsifroviy-vimiryuvalnyy-kompleks-einstein-fizika-nabir-dlya-uchnya/>), яка передбачає використання різних цифрових датчиків, за допомогою яких можна проводити широкий спектр досліджень, демонстраційних і лабораторних робіт з фізики.

У статті (Ситніков, 2018) описується створення комп'ютерної лабораторії для використання складних (наприклад, осцилограф) або небезпечних приладів (як варіант ядерний реактор), що необхідні при вивченні курсу фізики. Лабораторні роботи програмуються (Object Pascal). Автор демонструє приклад моделювання лабораторної установки «Дослідження явища електромагнітної індукції» і зазначає, що важливо з учнями перевіряти моделі на адекватність — порівнювати результати роботи програми з експериментальними даними.

Узагальнення науково-методичних результатів свідчить про активне використання спеціалізованих середовищ для унаочнення фізичних експериментів, їх симуляції. Так, про використання інтерактивного імітатора фізичних процесів STEP (<https://userbase.kde.org/Step/uk>) зазначено у роботі (Ковальов та ін., 2021). Автори описують методику його використання при вивченні пружного маятника, математичного маятника, резонансу, механічної хвилі, броунівського руху та підтверджують її ефективність результатами педагогічного експерименту. У статті (Shamonia et al., 2019) розглянуто середовище Proteus (<https://www.labcenter.com/>), яке використовується для моделювання фізичних процесів на мікрорівні. Автори зазначають, що Proteus – це потужна система автоматизованого проектування, де передбачена можливість моделювання аналогових і цифрових пристроїв та симуляції їх роботи для виявлення помилок проектування і трасування. Публікація (Shamonia et al., 2020) торкається проблеми використання комп'ютерного середовища Proteus як засобу віртуальної реальності для візуалізації роботи окремих елементів інформаційної системи. У роботі підтверджується доцільність її використання у підготовці ІТ-фахівців.

Окремо відзначимо популярність ресурсу PhET (<https://phet.colorado.edu/>), де представлено online-лабораторії для навчання фізики (PhET Interactive Simulations, n.d.), які візуалізують багато фізичних експериментів, законів, залежностей. Наведемо кілька прикладів online-лабораторій ресурсу PhET:

– лабораторна робота з теми «Визначення фокусної відстані та оптичної сили тонкої лінзи» (рис. 2) (https://phet.colorado.edu/sims/html/geometric-optics/latest/geometric-optics_uk.html). Студенти можуть дослідити лінзи та особливості їх дії, проаналізувати формулу тонкої лінзи, самостійно встановити залежності між об'єктом та його образом під дією лінзи, визначити оптичну силу лінзи;

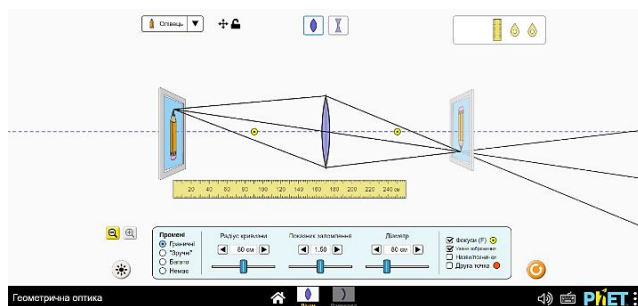


Рис. 2. Інтерактивна симуляція лабораторії PhET «Геометрична оптика»

– лабораторна робота з теми «Закони рівноваги» (https://phet.colorado.edu/sims/html/balancing-act/latest/balancing-act_uk.html). Студенти можуть дослідним шляхом перевірити, яким має бути співвідношення сил і їхніх плечей, щоб важіль перебував у рівновазі. Симуляція допомагає студентам самостійно порівняти відношення сил, що діють на важіль, і відношення його плечей, сформулювати умову рівноваги важеля та проаналізувати, які чинники впливають на точність вимірювань (рис. 3);

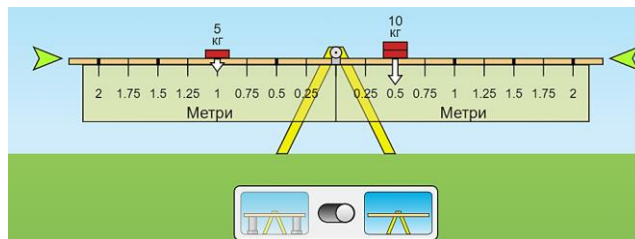


Рис. 3. Інтерактивна симуляція лабораторії PhET «Балансування»

– лабораторна робота з теми «Закони Бойля–Маріотта, Гей-Люссака та Шарля для різних термодинамічних станів газу» (https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_uk.html). Учні експериментально досліджують ізотермічний, ізобарний та ізохорний процеси. Налаштовуючи різні параметри симуляції для кожного термодинамічного стану газу в резервуарі, студенти спостерігають за зміною концентрації молекул газу та обчислюють необхідні фізичні величини (рис. 4).

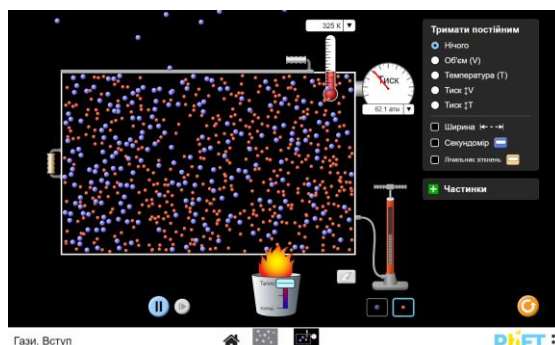


Рис. 4. Інтерактивна симуляція лабораторії PhET «Гази»

Отже, аналіз науково-методичних публікацій засвідчує, що українські вчителі використовують цифрові технології в навчанні фізики, причому за контент-аналізом відзначаємо популярність використання саме віртуальних лабораторій для візуалізації\симуляції фізичних процесів.

Українські практики використання цифрових технологій в навчанні фізики. Опитування

Нами досліджувалося питання використання цифрових технологій в навчанні фізики на практиці. В опитуванні (табл. 1) брали участь вчителі фізики Сумської області та студенти Сумського державного педагогічного університету імені А.С.Макаренка, які навчаються за спеціальністю «Середня освіта. Фізика» (рівень вищої освіти бакалавр і магістр).

Загальна кількість респондентів 106 осіб: 62 вчителі фізики та 44 студенти.

Оскільки нами зафіксовано п'ять напрямів використання цифрових технологій в навчанні фізики, і нас цікавила думка вчителів і студентів за кожним із напрямів, то ми пропонували респондентам такі запитання:

- 1) Чи знаєте ви про даний напрям використання цифрових технологій\ засобів у навчанні фізики?
- 2) Чи маєте ви власний досвід використання даного напрямку цифрових технологій у навчанні фізики?
- 3) За результатами набутого досвіду чи хочете ви надалі використовувати цифрові технології у навчанні фізики?
- 4) Чи бажаєте ви поглибити знання та вміння використовувати певний напрям цифрових технологій у навчанні фізики?
- 5) Які із зазначених напрямів ви вважаєте найбільш ефективними в навчанні фізики (2 позиції)?

Анкета мала вигляд таблиці (за видом таблиці 1), де рядки - це напрями використання ЦТ, а стовпчики – це номери запитань. Респонденти повинні були поставити позначки там, де вони відповідь вважали позитивною. Останній стовпчик передбачав лише дві позначки.

Узагальнені результати подано у таблиці 1 (загалом вчителів -62(100%), студентів 44 (100%)).

Таблиця 1

Результати опитування										
Запитання	Запитання №1		Запитання №2		Запитання №3		Запитання №4		Запитання №5	
Напрямок використання ЦТ	вчителі	студенти	вчителі	студенти	вчителі	студенти	вчителі	студенти	вчителі	студенти
Використання цифрових засобів як інструментів дослідження фізичних процесів	37%	43%	13%	25%	13%	25%	82%	100%	85%	95%
Використання застосунків для розв'язування фізичних задач	13%	16%	2%	11%	1%	11%	45%	62%	11%	25%
Використання віртуальних і цифрових фізичних лабораторій	8%	66%	2%	50%	2%	46%	73%	100%	76%	86%
Використання віртуальної і доповненої реальності в навчанні фізики	5%	14%	0%	2%	0%	2%	31%	68%	29%	25%
Використання спеціалізованих середовищ для моделювання фізичних процесів	13%	45%	5%	43%	5%	39%	42%	61%	40%	45%

Прокоментуємо одержані результати.

На запитання 1 «Чи знаєте ви про даний напрям використання цифрових технологій\ засобів у навчанні фізики?» маємо ситуацію, що в цілому студенти більше, ніж вчителі обізнані із використанням цифрових технологій в навчанні фізики. Пояснюємо це тим, що сьогоднішня освітня програма підготовки вчителів фізики обов'язково передбачає ознайомлення зі спеціалізованим програмним забезпеченням в галузі фізики. Вчителі фізики у більшості випадків дізнаються про такі технології завдяки курсам підвищення кваліфікації або ж за рахунок самоосвіти, що не гарантує знання про всі наявні шляхи використання цифрових технологій в навчанні фізики. Під час живого спілкування з учителями виявлено, що саме при переході на дистанційне навчання уявлення вчителів про спектр цифрових технологій і засобів навчання фізики розширився.

На запитання 2 «Чи маєте ви власний досвід використання даного напрямку цифрових технологій у навчанні фізики?» знову маємо ситуацію, коли студенти дають більше позитивних відповідей, ніж вчителі. Пояснюємо це тим, що студенти вже мають досвід вивчення ЦТ, а також досвід виробничої практики, де вони впроваджували такі технології в навчання фізики. Під час особистого спілкування з учителями виявлено, що використання ЦТ на базі шкіл досить обмежена: інтернет є не скрізь, доступ до комп'ютерних класів є не завжди, не всі учні та вчителі мають смартфони, де встановлено спеціалізоване ПЗ. Тому вони відзначають недостатність досвіду. Застосунки для розв'язування фізичних задач як засіб навчання вчителі не сприймають (вони вважають, що учні повинні самостійно розв'язувати фізичні задачі). Такі застосунки використовуються в основному задля самоперевірки. Про віртуальні та цифрові фізичні лабораторії вчителі знають мало на відміну від студентів, які з ними знайомляться в університеті. Використання віртуальної і доповненої реальності в навчанні фізики – нове для усіх. Вчителі такі засоби не використовують, а студенти мають поодинокий досвід використання лише доповненої реальності. Учителі вважають, що використовувати спеціалізовані середовища для моделювання фізичних процесів не раціонально, оскільки це потребує багато додаткового часу на опанування засобу учнями (краще цей час витратити на розв'язування задач).

Відповіді на запитання 3 «За результатами набутого досвіду чи хочете ви надалі використовувати цифрові технології у навчанні фізики?» свідчать: той, хто мав досвід використання ЦТ в навчанні фізики, той точно буде їх використовувати і надалі. Під час спілкування вчителі зазначали, що це «цікавий досвід», «учням сподобалося». Водночас ми виявили, що є деяка упередженість вчителів щодо використання віртуальних фізичних лабораторій для навчання фізики: відсутній доступ до комп'ютерів або до мережі Інтернет у потрібний час; незрозуміла мова інтерфейсу, неможливість встановлення програми на певну операційну систему; неможливість встановлення програм на телефони та ін.

На запитання 4 «Чи бажаєте ви поглибити знання та вміння використовувати певний напрям цифрових технологій у навчанні фізики?» ми зафіксували значні відсотки для студентів (від 62% до 100% залежно від напрямку) та менші для вчителів (від 31% до 82% залежно від засобу). Виявилось, що коли вчителі усвідомлюють доступність певного виду ЦТ та уявляють їх використання в реаліях власної професійної діяльності, то вони мають бажання навчатися використовувати даний напрям ЦТ. Але після знайомства з особливостями проведення віртуального фізичного експерименту вони зазначали, що «він не може повною мірою замінити реальний, де можливо вручну скласти електричні схеми чи розташувати певним чином прилади для демонстрації певних фізичних явищ».

На запитання 5 «Які із зазначених напрямів ви вважаєте найбільш ефективними в навчанні фізики (зазначте 2 позиції)?» зафіксовано однотайність думок вчителів і студентів на користь першого (використання різних цифрових засобів як інструментів дослідження фізичних процесів) і третього (використання віртуальних і цифрових фізичних лабораторій) напрямів. Перший обрано з огляду на те, що кожен учитель фізики напевно залучатиме власні цифрові інструменти та інструменти студентів, щоб підтвердити чи спростувати якісь гіпотези за умови, якщо знатиме як його застосувати. Третій напрям обрано через якісну візуалізацію процесів і можливість організувати самостійне вивчення певних тем фізики. Учителі зазначають, що віртуальний експеримент дозволяє: здійснити певні дослідження, які не можна відтворити у реальному житті; багато разів повторити дослідження, змінюючи при цьому параметри; заощадити навчальний час на організацію реального фізичного експерименту; забезпечити зручність та безпеку при проведенні вимірювань; випробувати модель у різних, у т.ч. граничних випадках, які в реальності можуть призвести до екстремальних ситуацій.

ВИСНОВКИ

Використання цифрових технологій у навчанні фізики є затребуваним не лише через потребу дистанційної освіти, а й через розвиток технологій і засобів, появу імерсивних технологій навчання, наявність мобільних засобів, які здатні накопичувати і опрацьовувати емпіричні дані для усвідомлення залежностей фізичного світу.

Аналіз теоретичних напрацювань доводить поширення досвіду впровадження цифрових технологій у навчання фізики, проте практичний стан їх використання в Україні свідчить про поодинокі практики. Причинами є не лише слабка матеріально-технічна база, а і незнання шляхів використання ЦТ в навчанні фізики та неготовність працюючих учителів використовувати такі технології. Тому актуальним завданням університетів є випереджувальна підготовка вчителів фізики, які будуть обізнані з різними цифровими технологіями і засобами навчання фізики та готові впроваджувати ефективні методики їх використання у власній професійній діяльності.

У майбутньому планується розробити спецкурс, покликаний сформувати уявлення вчителів фізики про наявні цифрові технології і засоби, які вже використовуються для навчання фізики, та розвинути навички їх упровадження в освітню практику.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Anni, M. (2021). Quantitative Comparison between the Smartphone Based Experiments for the Gravity Acceleration Measurement at Home. *Education Sciences*, 11(9), 493. <https://doi.org/10.3390/educsci11090493>.
- BbytesLab (n.d.). *Application in Google Play - Physical formulas. Physics*. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ua.physics>.
- Education Alexis Media (n.d.). *Application on Google Play - Physics Masters*. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=co.alexis.gbbxs>.
- Erdogan, S., & Bozkurt, E. (2022). The effect of virtual laboratory applications prepared for Geometrical Optics Lesson on students' achievement levels and attitudes towards Physics. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 12(2), 226-234. <https://doi.org/10.47750/pegog.12.02.22>.
- Jancheski, M. (2019). GeoGebra animations, simulations and computer games in teaching and learning physics. *INTED2019 Proceedings*, 7613-7623. <https://doi.org/10.21125/inted.2019.1865>.
- Milner-Bolotin, M., Aminov, O., Wasserman, W., & Milner, V. (2019). Pushing the boundaries of science demonstrations using modern technology. *Canadian Journal of Physics*, 98(6), 571-578. <https://doi.org/10.1139/cjp-2019-0423>.
- Mircik, O. K., & Ahmet, Z. S. (2018a). Evaluation of research related to virtual physics laboratory applications. *Canadian Journal of Physics*, 96(7), 740-744. <https://doi.org/10.1139/cjp-2017-0747>.
- Mircik, O. K., & Ahmet, Z. S. (2018b). Virtual laboratory applications in physics teaching. *Canadian Journal of Physics*, 96(7), 745-750. <https://doi.org/10.1139/cjp-2017-0748>.
- Monahan, G., Cossoul, M., Harris, S., Humer, I., Guetl, C., & Eckhardt, C. (2021). Gravity Assist: An Immersive and Interactive Visualization, 2021 *International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, Tartu, Estonia, 401-405. <https://doi.org/10.1109/ICALT52272.2021.00128>.
- Neglia, L. F., & Llulluy-Nuñez, D. (2021). Use of Virtual Platforms for the Experiences of the Course of Applied Physics to Engineering II at the Universidad de Ciencias y Humanidades Lima – Peru, 2021 *IEEE World Conference on Engineering Education (EDUNINE)*, Guatemala City, Guatemala, 1-4. <https://doi.org/10.1109/EDUNINE51952.2021.9429136>.
- PhET Interactive Simulations (n.d.). URL: <https://phet.colorado.edu/en/simulations/filter?subjects=physics&type=html,prototype>.
- Pucholt, Z. (2021). Effectiveness of simulations versus traditional approach in teaching physics. *European Journal of Physics*, 42(1). <https://doi.org/10.1088/1361-6404/abb4ba>.
- Shamonia, V. H., Semenikhina, O. V., Proshkin, V. V., Lebid, O. V., Kharchenko, S. Y., & Lytvyn, O. S. (2020). Using the virtual environment to train future IT professionals. *CEUR Workshop Proceedings* 2547, 24-36. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2547/paper02.pdf>.

14. Shamonina, V., Semenikhina, O., Drushlyak, M., & Lynnyk, S. (2019). Computer visualization of logic elements of the information system based on, 15th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications (ICTERI 2019), Kherson, 459-463.
15. Terracciano, C. (n.d.). *MasterApps, Application in Google Play – PhysicsMaster – Physics Calc.* URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.terracciano.physics_master.
16. Ковальов, Л., Медведєва, М., & Побережець, І. (2021). Використання інтерактивного імітатора фізичних процесів STEP в освітньому процесі у закладах вищої освіти. *Фізико-математична освіта*, 29(3), 68–73. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-029-3-011>.
17. Колесникова, О.А., Мисліцька, Н.А., & Семенюк, Д.С. (2019). Використання технології BYOD для формування експериментальних знань та умінь учнів з фізики. *Фізико-математична освіта*, 2(20), 48-53. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2019-020-2-008>.
18. Ситніков, О.В. (2018). Засоби створення та використання віртуальної фізичної лабораторії. *Фізико-математична освіта*, 1(15), 298-301. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2018-015-1-057>.
19. Юрченко, А. (2015). Цифрові фізичні лабораторії як актуальний засіб навчання майбутнього вчителя фізики. *Фізико-математична освіта*, 1(4), 55–63.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Anni, M. (2021). Quantitative Comparison between the Smartphone Based Experiments for the Gravity Acceleration Measurement at Home. *Education Sciences*, 11(9), 493. <https://doi.org/10.3390/educsci11090493>.
2. BbytesLab (n.d.). *Application in Google Play - Physical formulas. Physics.* URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ua.physics>.
3. Education Alexis Media (n.d.). *Application on Google Play – Physics Masters.* URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=co.alexis.gbbxs>.
4. Erdogan, S., & Bozkurt, E. (2022). The effect of virtual laboratory applications prepared for Geometrical Optics Lesson on students' achievement levels and attitudes towards Physics. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 12(2), 226-234. <https://doi.org/10.47750/pegegog.12.02.22>.
5. Jancheski, M. (2019). GeoGebra animations, simulations and computer games in teaching and learning physics. *INTED2019 Proceedings*, 7613-7623. <https://doi.org/10.21125/inted.2019.1865>.
6. Milner-Bolotin, M., Aminov, O., Wasserman, W., & Milner, V. (2019). Pushing the boundaries of science demonstrations using modern technology. *Canadian Journal of Physics*, 98(6), 571-578. <https://doi.org/10.1139/cjp-2019-0423>.
7. Mircik, O. K., & Ahmet, Z. S. (2018a). Evaluation of research related to virtual physics laboratory applications. *Canadian Journal of Physics*, 96(7), 740-744. <https://doi.org/10.1139/cjp-2017-0747>.
8. Mircik, O. K., & Ahmet, Z. S. (2018b). Virtual laboratory applications in physics teaching. *Canadian Journal of Physics*, 96(7), 745-750. <https://doi.org/10.1139/cjp-2017-0748>.
9. Monahan, G., Cossoul, M., Harris, S., Humer, I., Guetl, C., & Eckhardt, C. (2021). Gravity Assist: An Immersive and Interactive Visualization, 2021 International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), Tartu, Estonia, 401-405. <https://doi.org/10.1109/ICALT52272.2021.00128>.
10. Neglia, L. F., & Llulluy-Núñez, D. (2021). Use of Virtual Platforms for the Experiences of the Course of Applied Physics to Engineering II at the Universidad de Ciencias y Humanidades Lima – Peru, 2021 IEEE World Conference on Engineering Education (EDUNINE), Guatemala City, Guatemala, 1-4. <https://doi.org/10.1109/EDUNINE51952.2021.9429136>.
11. PhET Interactive Simulations (n.d.). URL: <https://phet.colorado.edu/en/simulations/filter?subjects=physics&type=html,prototype>.
12. Pucholt, Z. (2021). Effectiveness of simulations versus traditional approach in teaching physics. *European Journal of Physics*, 42(1). <https://doi.org/10.1088/1361-6404/abb4ba>.
13. Shamonina, V. H., Semenikhina, O. V., Proshkin, V. V., Lebid, O. V., Kharchenko, S. Y., & Lytvyn, O. S. (2020). Using the virtual environment to train future IT professionals. *CEUR Workshop Proceedings* 2547, 24-36. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2547/paper02.pdf>.
14. Shamonina, V., Semenikhina, O., Drushlyak, M., & Lynnyk, S. (2019). Computer visualization of logic elements of the information system based on, 15th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications (ICTERI 2019), Kherson, 459-463.
15. Terracciano, C. (n.d.). *MasterApps, Application in Google Play – PhysicsMaster – Physics Calc.* URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.terracciano.physics_master.
16. Kovalov, L., Medvedieva, M., & Poberezhets, I. (2021). Vykorystannia interaktyvnoho imitatora fizychnykh protsesiv Step v osvitnomu protsesi u zakladykh vyshchoi osvity [Use of the interactive simulator of Step physical processes in the educational process in higher education institutions]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 3(29), 68-73. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-029-3-011>. (in Ukrainian).
17. Kolesnikova, O., Myslitska, N., & Semeniuk, D. (2019). Vykorystannia tekhnolohii BYOD dlia formuvannia eksperymentalnykh znan ta umin uchniv z fizyky [Use of BYOD technologies for formation experimental knowledge and life of physics masters]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 2(20), 48-53. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2019-020-2-008>. (in Ukrainian).
18. Sytnikov, O. (2018). Zasoby stvorennia ta vykorystannia virtualnoi fizychnoi laboratorii [Means Of Creating And Using A Virtual Physical Laboratory]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 1(5), 298-301. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2018-015-1-057>. (in Ukrainian).
19. Yurchenko, A. (2015). Tsyfrovi fizychni laboratorii yak aktualnyi zasib navchannia maibutnoho vchytelia fizyky [Digital physical laboratories as a important mean of training of future teacher of physics]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 1(4), 55-63. (in Ukrainian).

