

УДК 371.3:377:004

DOI <https://doi.org/10.32782/pet-2023-2-5>

Ірина САЛЬНИК

доктор педагогічних наук, професор, в.о. завідувача кафедри природничих наук і методик їхнього навчання, Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка, вул. Шевченка, 1, м. Кропивницький, Україна, 25006

ORCID ID: 0000-0003-1117-9862

Олена ФОМЕНКО

аспірантка, Центральноукраїнський державний університет імені Володимира Винниченка, вул. Шевченка, 1, м. Кропивницький, Україна, 25006

ORCID ID: 0000-0002-6407-1305

Бібліографічний опис статті: Сальник І., Фоменко О. (2023). Імерсивні технології в умовах дистанційного та змішаного навчання. *Фізика та освітні технології*, 2, 36–44, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2023-2-5>

ІМЕРСИВНІ ТЕХНОЛОГІЙ В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО ТА ЗМІШАНОГО НАВЧАННЯ

У статті розкриваються ключові аспекти використання імерсивних технологій в умовах дистанційного та змішаного навчання фізики. Дослідження останніх років, які проаналізовано, показують важливість імерсивних технологій у покращенні якості освіти та залученні учнів і студентів до вивчення природничих дисциплін, особливо в умовах, коли традиційні методи навчання обмежені або недостатні. Метою нашої роботи є визначення методичних особливостей використання технологій віртуальної та доповненої реальності. Для розв'язання завдань дослідження проаналізовано потенційні переваги використання даних технологій, зокрема їх здатність створювати реалістичні імітації реального світу, сприяти інтерактивності та співпраці між учнями, забезпечувати індивідуалізований підхід до навчання. У статті висвітлено переваги та проблеми, що виникають в процесі використання імерсивних технологій віртуальної реальності (VR), доповненої реальності (AR), мішаної реальності (MR) у контексті дистанційного та змішаного навчання.

Окрему увагу зосереджено на аналізі доступних для безкоштовного використання у навчальному процесі додатків доповненої реальності: *ArBook*, *Electricity AR*, *Phet Interactive Simulations*, *GO-LAB*, *Labster*. У статті наведені методичні прийоми використання технологій у навчанні фізики, які були апробовані авторами на практиці. Для з'ясування готовності здобувачів освіти використовувати імерсивні технології та встановлення рівня задоволеності навчанням у новому середовищі було проведено опитування. Результати показали: вивчення фізики з використанням імерсивних технологій викликає у студентів й учнів задоволення від процесу навчання і впливає на покращення загальних результатів. Зроблено акцент на необхідності подальших досліджень і розвитку імерсивних технологій з метою забезпечення доступності та вдосконалення їх освітнього потенціалу, оптимізації сучасного навчального процесу та здешевлення засобів навчання.

Ключові слова: імерсивні технології, навчання фізики, доповнена реальність, віртуальна реальність, дистанційне навчання, мішане навчання.

Ірина SALNYK

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Acting Head of the Department of Natural Sciences and Methods of Teaching, Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University, 1 Shevchenko Str., Kropyvnytskyi, Ukraine, 25006

ORCID ID: 0000-0003-1117-9862

Olena FOMENKO

Postgraduate student, Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University, 1 Shevchenko str., Kropyvnytskyi, Ukraine, 25006

ORCID ID: 0000-0002-6407-1305

To cite this article: Salnyk, I., Fomenko, O. (2023). Imersyvni tekhnolohii v umovakh dystantsiinoho ta mishanoho navchannia [Immersive technologies in distance and blended learning]. *Physics and Educational Technology*, 2, 36–44, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2023-2-5>

IMMERSIVE TECHNOLOGIES IN THE CONTEXT OF DISTANCE AND BLENDED LEARNING

The article reveals the key aspects of the use of immersive technologies in distance and blended learning. Recent studies have shown the importance of immersive technologies in improving the quality of education and engaging students in the study of natural sciences, especially in conditions where traditional teaching methods are limited or insufficient. The purpose of our work is to determine the methodological features of using virtual and augmented reality technologies. The potential benefits of using these technologies are analyzed, in particular, their ability to create realistic simulations of the real world, promote interactivity and cooperation between students, and provide an individualized approach to learning. The article highlights the advantages and problems arising in the process of using immersive technologies of virtual reality (VR), augmented reality (AR) and mixed reality (MR) in the context of distance and blended learning.

Special attention is paid to the analysis of augmented reality applications available for free use in the educational process: ArBook, Electricity AR, PhET Interactive Simulations, GO-LAB, Labster. The article presents methodical methods of using technologies in teaching physics, which were tested by the authors in practice. To determine the readiness of students to use immersive technologies and their satisfaction with learning in the new environment, a survey was conducted, the results of which showed that studying physics using immersive technologies makes students and pupils enjoy the learning process and improves overall results. The emphasis is placed on the need for further research and development of immersive technologies in order to ensure accessibility and improve their educational potential, optimize the modern educational process and reduce the cost of teaching aids.

Immersive technologies have great potential to improve the learning process, which encourages teachers and researchers to actively research, implement and develop these technologies, create new methods of their application to ensure more effective learning.

Key words: *immersive technologies, augmented reality, virtual reality, distance learning, blended learning, teaching physics.*

Актуальність проблеми. Сучасні реалії життя вносять корективи в методики навчання сьогоднішніх учнів та студентів. Поряд з розвитком інформаційних технологій та їх інтеграцією в навчальний процес, в умовах російської агресії на перший план виходить безпека усіх учасників освітнього процесу. Відповідно до Закону України "Про освіту" заклади освіти наділені автономією, і можуть самостійно, незалежно та відповідально приймати рішення щодо академічних (освітніх), організаційних, фінансових, кадрових та інших питань діяльності, що провадиться в порядку та межах, визначених законом. Тобто, заклади освіти, зважаючи на безпекову ситуацію в регіоні, самі обирають форму навчання. 2022-2023 навчальний рік у більшості закладів освіти розпочався дистанційно з подальшим переходом на змішану форму навчання. Постає питання: як за таких умов можна якісно сформулювати загальні, ключові та предметні компетенції, що необхідні сучасній людині, під час навчання таких дисциплін, як фізика, хімія, біологія, основою яких є експеримент.

Саме імерсивні технології (технології занурення) мають великий потенціал у формуванні

різнобічних компетентностей майбутнього випускника. В умовах дистанційного та змішаного навчання перспективним напрямком в освітньому процесі є використання наступних технологій:

– Доповнена реальність (AR) (AR – augmented reality), яка накладає цифрову інформацію на реальний світ, дозволяючи студентам взаємодіяти з віртуальними об'єктами в реальному контексті.

– Віртуальна реальність (VR) (VR – virtual reality), яка дозволяє студентам зануритися у віртуальне середовище, яке імітує реальний досвід.

– Змішана реальність (MR) (MR – mixed reality) технологія, яка об'єднує AR і VR, її також називають гібридною реальністю, на відміну від AR дана технологія дозволяє не тільки створювати віртуальні об'єкти в реальному світі, а й забезпечувати їх взаємодію в режимі реального часу.

– Гейміфікація передбачає використання елементів ігрового дизайну в неігрових контекстах для підвищення залученості та мотивації. Додаток для перевірки рівня засвоєння теоретичного матеріалу може використовувати

гейміфікацію, щоб зробити вивчення складних теорій більш цікавим і захоплюючим, перетворивши його на гру з нагородами і досягненнями.

– Симуляції, які дозволяють студентам практикувати реальні навички та сценарії в безпечному і контрольованому середовищі.

Ці імерсивні засоби навчання потенційно можуть стати основним інструментом в освіті й здійснити революцію в навчанні як учнів, так і студентів. Вчителі можуть використовувати віртуальну й доповнену реальність для взаємодії учнів з різними об'єктами в тривимірному просторі. Наприклад, під час вивчення Сонячної системи учні зможуть не просто розглядати нудні малюнки в підручнику, а по-справжньому зануритися у космічний простір завдяки шолому віртуальної реальності, або додатку доповненої реальності. Технології віртуальної і доповненої реальності дають учням та студентам можливість глибше вивчати предмети, аналізувати наслідки світових подій, брати участь в археологічних експедиціях і багато іншого, а головне, у розважальній формі AR і VR **дають змогу набутти досвіду**, до якого учні зазвичай не мають доступу.

Розглянуті імерсивні технології допомагають проводити цифровізацію закладів освіти та дозволяють здійснювати моніторинг навчання в реальному часі. Імерсивні технології навчання можуть бути особливо корисні в умовах дистанційної освіти, де студенти відокремлені один від одного та від навчального закладу. Вони дозволяють створювати інтерактивні середовища, в яких студенти можуть навчатися та спілкуватися один з одним та викладачами в режимі реального часу. Дані технології дозволяють підвищити мотивацію студентів, оскільки надають можливість навчатися в цікавому та захоплюючому середовищі.

Усі названі вище переваги імерсивних технологій ще досить слабо використовуються в українських закладах освіти. Це пов'язано не лише з недостатніми матеріальними ресурсами, а й з необізнаністю викладачів та вчителів в питаннях нових технологій, відсутністю достатнього методичного забезпечення, що сприятиме поширенню технологій віртуальної та доповненої реальності у навчанні дисциплін природничого циклу, зокрема фізики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Імерсивні технології – це напрям, який протягом багатьох років досліджували та розвивали різні люди, наукові та комерційні установи та організації по усьому світу. Слід назвати Івана Сазерленда, який заклав основи для технології AR; Стіва Манна, що зробив значний внесок у доповнену реальність завдяки своїй роботі над дисплеями, які можна носити на тілі та забезпечувати користувачам безперервне доповнене бачення світу; Том Коделл – інженер Boeing, якому приписують введення терміну «доповнена реальність» на початку 1990-х років; Марк Біллінгерст – відомий дослідник у галузі доповненої реальності, який зробив значний внесок у AR завдяки своїй роботі над різними системами та інтерфейсами, включаючи ARToolKit, бібліотеку програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом для створення досвіду AR. Численні університети та дослідницькі установи по всьому світу мають спеціальні групи та лабораторії, які зосереджені на дослідженнях технологій занурення: Стенфордський університет, Вашингтонський університет, Медіалабораторія Массачусетського технологічного інституту, Інститут творчих технологій Університету Південної Каліфорнії та багато інших, зокрема й Інститут цифровізації освіти НАПН України.

На сьогоднішній день опубліковано значна кількість робіт як в Україні, так і за кордоном, в яких детально описується розробка та впровадження інструментів занурення, а також демонструються переваги VR, AR та MR технологій в різних галузях (В.Ю. Биков, С.П. Величко, Ю.В. Єчкало, В.Ф. Заболотний, Н.А. Мисліцька, С.Г. Литвинова, О.П. Пінчук, С.О. Семеріков, Н.В. Сороко, В.В. Ткачук та ін.). Більшість науковців сходяться на думці, що імерсивні технології забезпечують широку взаємодію та розуміння під час навчання в поєднанні з механізмами зворотного зв'язку та можливостями проектування завдань різного рівня складності, тому мають значні перспективи в освіті. С.М. Цирульник наголошує, що можливості доповненої реальності є привабливими для сучасного покоління та мають покращити набуття професійних компетентностей (Цирульник, 2019). Н.В. Сороко зазначає, що додатки AR можуть покращити процес навчання, навчальну мотивацію та

ефективність; допомагати вчителям накладати інформацію, візуальні матеріали та різні форми вмісту на звичайну дошку, забезпечуючи контекстні та релевантні результати, щоб покращити навчання; покращують успішність учнів, допомагають зосередити увагу користувача на конкретних завданнях (Сороко, 2021). М.П. Бондаренко, О.І. Ковальчук, А.Г. Охрей, І.Ю. Прибитько, Є.М. Решетник, у своєму дослідженні по застосуванню імерсивних технологій (віртуальної і доповненої реальності) в медичній освіті та практиці дійшли висновку, що використання даних технологій є доцільним в медичній галузі, враховуючи щоденне застосування новітніх технологій у медичній практиці (Ковальчук та ін., 2020). Yi. Georgiou, O. Tsivitanidou, C. Eckhardt, A. Ioannou стверджують, що доповнена реальність допомагає студентам у вивченні складних наукових концепцій завдяки реалістичній графіці та візуалізації наукових явищ, які студенти навряд чи можуть побачити у повсякденному житті (Georgiou et al, 2020). Проблема візуалізації навчальної інформації через технологію доповненої реальності розглядається Н.О. Гончаровою, яка здійснила огляд AR-додатків, їх класифікацію, аналіз підручників, книг, розроблених в доповненій реальності, запропонувала методи роботи з ними (Гончарова, 2019).

Дослідження в різних сферах, таких як освіта (Frank and Kapila, 2017), маркетинг (Huang & Liao, 2017), розваги, та охорона здоров'я, показали, що використання імерсивних технологій покращує досвід навчання (Huang, Chen, & Chou, 2016), сприяє участі у спільній діяльності, а також підвищує креативність і залучення.

З огляду на вище означене **метою** нашого дослідження є визначення методичних особливостей використання технологій віртуальної та доповненої реальності, що дозволить побудувати ефективну систему навчання дисциплін природничого (наукового) циклу, зокрема фізики.

Виклад основного матеріалу дослідження. Вважається, що технології занурення забезпечують педагогіку, засновану на конструктивістській теорії та експериментальному навчанні, створюючи середовище, яке допомагає учням та студентам навчатися на практиці, розвивати креативність і покращувати розуміння явищ і процесів, які є невидимими для людського

ока. Так, у навчанні природничих дисциплін імерсивні технології, зокрема засоби доповненої реальності мають численні переваги, що робить її цінним інструментом як для студентів, так і для викладачів:

- **Покращена візуалізація:** доповнена реальність дозволяє учням візуалізувати абстрактні наукові концепції та явища більш захоплюючим та інтерактивним способом. Він може накладати віртуальні об'єкти, моделі або симуляції на реальний світ, надаючи візуальне представлення, яке допомагає краще зрозуміти складні наукові ідеї.

- **Практичні дослідження:** доповнена реальність дозволяє учням брати участь у практичному навчанні, не потребуючи дорогого чи недоступного обладнання. Вони можуть взаємодіяти з віртуальними об'єктами, проводити віртуальні експерименти та маніпулювати спостереженнями. Така активна участь покращує розуміння та збереження наукових принципів.

- **Експериментальне навчання:** AR створює міст між теоретичними знаннями та практичним застосуванням. Студенти можуть відчути наукові явища, які можуть бути складними або неможливими для безпосереднього спостереження, наприклад, дослідження людського тіла на клітинному рівні або спостереження за геологічними процесами протягом тривалого часу. Це експериментальне навчання допомагає учням глибше зрозуміти наукові концепції.

- **Персоналізоване навчання:** AR може адаптуватися до індивідуальних стилів і темпу навчання, дозволяючи учням навчатися на власному комфортному рівні. Технологія забезпечує інтерактивне та самостійне навчання, що дозволяє студентам проводити дослідження у власному темпі та заглиблюватись у сфери власних наукових інтересів.

- **Співпраця та взаємодія:** технологія AR полегшує співпрацю та соціальне навчання. Студенти можуть працювати разом у віртуальному середовищі, обмінюватися інформацією, обговорювати ідеї та спільно вирішувати проблеми. Цей аспект співпраці сприяє спілкуванню, критичному мисленню та навичкам командної роботи, які є важливими в науковому дослідженні.

- **Доступність та інклюзивність:** доповнена реальність може допомогти подолати обмеження, пов'язані з фізичним простором,

ресурсами чи обмеженими можливостями. Це оживляє природничу освіту незалежно від наявного лабораторного обладнання чи обмежень. Доступ до доповненої реальності можна отримати за допомогою мобільних пристроїв або інших доступних технологій, що робить наукову освіту доступнішою для ширшого кола студентів.

- Реальні програми: AR може продемонструвати реальні застосування наукових знань. Студенти можуть досліджувати, як наукові принципи використовуються в різних галузях, таких як медицина, інженерія, екологія або дослідження космосу. Цей зв'язок із реальними додатками мотивує студентів, показуючи їм актуальність і практичність науки.

- Залучення та мотивація: Інтерактивний та захоплюючий характер AR привертає увагу студентів і стимулює їхню цікавість. Це робить процес навчання більш приємним і захоплюючим, що призводить до підвищення мотивації та ентузіазму для природничої освіти. Доповнена реальність може перетворювати абстрактні концепції на захоплюючий і відчутний досвід, виховуючи любов до науки.

Досвід тривалого дистанційного навчання показав, що відбулось істотне зниження рівня знань, а також зменшилась зацікавленість учнів та студентів у вивченні природничих дисциплін (особливо за відсутності доступу до навчальних лабораторій та неможливості виконувати реальні досліди та експерименти). Перед викладачем постають питання вибору таких технологій навчання, які є на сьогодні доступними та дієвими інструментами у формуванні професійних компетентностей та здатні підвищити якість надання освітніх послуг. Ми вважаємо, що технології віртуальної та доповненої реальності здатні допомогти викладачу досягти поставлених завдань.

Проведений нами аналіз та власний досвід викладання показали, що використання імерсивних технологій може бути фрагментарним або комплексним:

- до окремих етапів заняття з метою візуалізації;
- для окремих видів діяльності (виконання віртуальних лабораторних робіт);
- в навчальних проєктах (віртуальні експерименти, експериментальні задачі);
- 3D навчальні екскурсії;

- для розв'язування якісних задач, тощо.

В процесі підготовки до використання імерсивних технологій в навчанні викладач повинен ознайомитись з існуючими додатками віртуальної та доповненої реальності (AR, VR), вивчити їх особливості та з'ясувати методичні можливості, які будуть корисними під час запровадження. Аналіз актуальних додатків доповненої та віртуальної реальності з природничих дисциплін показав, що на даний момент для безкоштовного використання в Україні доступні такі:

- мобільний додаток BookVar (від КНП "Освітня агенція міста Києва"), розроблений для природничих дисциплін та математики, містить підтримку всього шкільного курсу фізики (інші дисципліни – в розробці), доступний для ознайомлення лише в тестовому форматі;

- мобільний додаток ArBook, розроблений для підтримки викладання природничих дисциплін, математики, фізкультури, та містить енциклопедію для учнів (знаходиться в процесі розробки);

- мобільний застосунок Electricity AR, який можна застосовувати під час вивчення фізики та електротехніки;

- симулятор PhET Interactive Simulations, проєкт University of Colorado Boulder, сайт розроблений у 2002 році Карлом Віманом для створення і використання безкоштовних інтерактивних симуляцій з математики і наук про природу;

- віртуальна лабораторія GO-LAB, яка надає можливості проводити наукові експерименти дистанційно в онлайн-середовищі.

- платформа віртуальних лабораторій Labster, що створена для вивчення природничих наук та допомагає залучати учнів і студентів до науки за допомогою інтерактивних сценаріїв навчання, симулює експерименти, тренує лабораторні навички та навчає теорії за допомогою візуального досвіду, який покращує довгострокові результати навчання.

Також для ілюстрації фізичних принципів та законів за допомогою інтерактивних моделей та симуляцій можна використати, наприклад, додаток Da Vinci Machines AR, який дозволяє вивчати винаходи Леонардо да Вінчі, що базуються на механічних силах та рухах. Для розвитку креативності та інженерного мислення учнів за допомогою проєктно-орієнтованого

підходу доцільно застосувати додаток Bridges AR, який допомагає учням проектувати та будувати мости з різних матеріалів та перевіряти їх міцність.

Протягом 2022-2023 н.р. на заняттях з фізики та астрономії студенти Кіровоградського медичного фахового коледжу ім. Є.Й. Мухіна та учні Комунального закладу «Ліцей «Науковий» Міської ради міста Кропивницького» брали участь у апробації додатку доповненої реальності BookVar, використовували додатки доповненої реальності ArBook, Electricity AR які зміщують акцент з предмету (об'єкту) навчання на суб'єкт навчання – студента, дають змогу індивідуалізувати навчання, виходячи з потреб самого студента, надають можливість проводити дороговартісні або небезпечні досліди та експерименти у безпечному віртуальному середовищі.



Рис. 1. Додаток доповненої реальності BookVar

За допомогою додатку BookVar (рис. 1) учні мали можливість пройти найцікавіші, найскладніші чи навіть найнебезпечніші експерименти у віртуальній або доповненій реальності. Цей безкоштовний додаток (Тестування додатку з фізики «BookVAR») розроблений для усього шкільного курсу фізики – з 7 по 11 клас, чітко структурований, відповідно до розділів підручників. BookVAR «оживив підручники» з природничих дисциплін, він відтворює різні експерименти, процеси і процедури максимально наближено до реального життя, а також

дає можливість користувачу керувати подіями. В процесі навчання фізики ми використовували додаток для вивчення нових фізичних понять, узагальнення та повторення матеріалу.

Для роботи з додатками нами розроблено систему запитань (рефлексію), за допомогою якої можна з'ясувати наскільки студент або учень розуміє фізичні теорії, явища та може пояснити їх застосування в техніці і побуті.

Наприклад, під час вивчення розділу «Основи термодинаміки» учням пропонується виконати таке завдання: Запустити додаток доповненої реальності BookVar, обрати: Фізика, розділ "Теплові явища", анімація "Випромінювання" (рис. 2).



Рис. 2. Робота з додатком BookVar

Перегляньте дослід та дайте письмову відповідь на питання:

- 1) Які тіла краще поглинають тепло: чорного кольору, білого кольору чи сріблястого кольору?
- 2) Чому лід під чорним ковпаком тане, а під білим ковпаком – ні?

Після перегляду анімації "Конвекція", учням пропонується дати відповідь на питання:

- 1) Де може відбуватися конвекція: в газах, рідинах чи твердих тілах?
- 2) Чому батареї центрального опалення не встановлюють під стелею?

- 3) Чому на морі вдень вітер дує зі сторони моря на сушу, а вночі – навпаки з суші на море?

Для з'ясування готовності до використання імерсивних технологій та задоволеності навчанням у новому середовищі, нами було проведено опитування учнів та студентів вказаних вище закладів освіти. Результати опитування показали, що учні та студенти готові до використання імерсивних технологій в навчанні (72%), а більшість з них відмітили, що:

- використання імерсивних технологій підвищує їх мотивацію до вивчення фізики (53%);

– імерсивні технології допомагають зрозуміти складні явища і теорії (81%);

– дані технології є мобільними (для роботи з ними не потрібна прив'язка до конкретної аудиторії, міста, країни) (46%). Це дає можливість працювати під час будь яких форм організації навчання: у дистанційному, або змішаному форматі.

Основне, що ми з'ясували, що вивчення фізики з використанням технологій доповненої реальності викликає у студентів та учнів задоволення від самого процесу навчання, що впливає на покращення загальних результатів.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Головною метою сучасної освіти є підготовка успішних, висококваліфікованих, конкурентоспроможних фахівців, що є затребуваними на ринку праці, спроможних ефективно використовувати набуті освітні компетенції в професійній діяльності. З метою оптимізації сучасного навчального процесу, зменшення тривалості підготовки до занять, здешевлення засобів навчання в освіті потрібно використовувати сучасні імерсивні технології навчання, які сприяють інтеграції інформаційних технологій в різні галузі

науки та техніки та допомагають сформувати професійні компетенції. Проведене нами дослідження, пов'язане із методикою запровадження імерсивних технологій у навчанні, показало, що не зважаючи на серйозні перешкоди та виклики, в українській освіті поступово відбувається впровадження технологій віртуальної та доповненої реальності, які вже тривалий час використовуються в освіті за кордоном. Аналіз доступних платформ доповненої та віртуальної реальності дозволив виділити BookVar, як найоптимальнішу, найбільш наповнену платформу для вивчення природничих дисциплін, яка розроблена у відповідності до навчальних програм та може бути ефективно використана як під час дистанційного, так і змішаного навчання.

Подальшого дослідження потребує аналіз наявних можливостей закладів освіти у використанні платних та безкоштовних додатків доповненої та віртуальної реальності в освітньому процесі, а також розроблення методики застосування імерсивних технологій у процесі навчання природничих дисциплін, зокрема фізики, та вивчення їх впливу на якість отриманих знань здобувачів освіти.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Гончарова Н.О. Технологія доповненої реальності в підручниках нового покоління. *Проблеми сучасного підручника*. 2019. Вип. 22. С. 46–56. <https://doi.org/10.32405/2411-1309-2019-22-46-56>
2. Ковальчук О.І., Бондаренко М.П., Охрей А.Г., Прибитько І.Ю., Решетник Є.М. Особливості використання імерсивних технологій (віртуальної і доповненої реальності) в медичній освіті та практиці. *Morphologia*. 2020. Том 14 (№ 3). С. 158–164. <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2020.3.158-164>
3. Литвинова С. Г., Соколюк О. М. Критерії та показники оцінювання якості навчальних об'єктів доповненої реальності в підручниках фізики. *Інформаційні технології та засоби навчання*, 88(2), 23–37. <https://doi.org/10.33407/itlt.v88i2.4870>
4. Сальник І.В. Підходи до організації лабораторного практикуму у підготовці вчителя фізики під час дистанційного навчання. *Науковий вісник Львівської академії. Серія: Педагогічні науки*. 2022. Вип. 12. С. 108-116. <https://doi.org/10.33251/2522-1477-2022-12-108-116>
5. Сальник І.В., Фоменко О.В. Використання технологій доповненої реальності в умовах дистанційного та змішаного навчання в закладах фахової передвищої освіти. *Імерсивні технології в освіті: збірник матеріалів II науково-практичної конференції з міжнародною участю, 22 вересня 2022 року, м. Київ, Інститут цифровізації освіти НАПН України*, с. 163-168.
6. Сироватський О. В., Семеріков С. О., Модло Є. О., Єчкало Ю. В., Зелінська С. О. Проектування програмних засобів доповненої реальності навчального призначення. *Computer Science & Software Engineering: proceedings of the 1st Student Workshop (CS&SE@SW 2018)*, Kryvyi Rih, Ukraine, November 30, 2018. – С. 193–225.
7. Сороко Н.В. Підходи до використання імерсивних технологій в закладах загальної освіти. *Мультимедійні технології в освіті та інших сферах діяльності: науково-практична конференція з міжнародною участю*. 2 листопада 2021 р.– К.: НАУ, 2022 – С. 113-115.
8. Тестування додатку з фізики «BookVAR» для закладів освіти Києва. – <https://don.kyivcity.gov.ua/news/11129.html>
9. Ткачук В.В., Семеріков С.О., Єчкало Ю.В., Маркова О.М., Мінтій М.М. Засоби розробки доповненої реальності для Web: порівняльний аналіз. *Фізико-математична освіта*. 2020. Випуск 2(24). С. 159-167. https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2020-v2-24/2020_2-24-Tkachuk-Semerikov_FMO.pdf

10. Цирульник С.М. Застосування технологій доповненої реальності у процесі підготовки фахівців з радіоелектроніки. *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*, 2019. с. 355-362. Електронне видання. URL: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019s32>
11. Hsiu-Mei Huang, Ulrich Rauch, Shu-Sheng Liaw, Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. *Computers & Education*, Volume 55, Issue 3, 2010, P. 1171-1182, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.05.014>.
12. Jared A. Frank, Vikram Kapila. Mixed-reality learning environments: Integrating mobile interfaces with laboratory test-beds. *Computers & Education*, Volume 110, 2017, P. 88-104, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.02.009>.
13. Soroko N. The augmented reality functions to support the STEAM education at general education institutions. *Physical and Mathematical Education*. 2021. Issue 3(29). P.24-30. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-029-3-004>
14. Tien-Chi Huang, Chia-Chen Chen, Yu-Wen Chou, Animating eco-education: To see, feel, and discover in an augmented reality-based experiential learning environment. *Computers & Education*, Volume 96, 2016, P.72-82, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.008>.
15. Yiannis Georgiou, Olia Tsvitanidou, Christian Eckhardt, Andri Ioannou. A learning experience design for immersive virtual reality in Physics classrooms. *6th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN 2020)* Online, June 21-25, 2020. <https://doi.org/10.23919/iLRN47897.2020.9155097>

REFERENCES:

1. Honcharova, N.O. (2019) Tekhnolohiia dopovненоi realnosti v pidruchnykakh novoho pokolinnia. [Augmented reality technology in new generation textbooks]. *Problemy suchasnoho pidruchnyka. – Problems of a modern textbook*, 22, 46–56. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32405/2411-1309-2019-22-46-56>
2. Kovalchuk, O.I., Bondarenko, M.P., Okhrei, A.H., Prybytko, I.Iu., Reshetnyk, Ye.M. (2020). Osoblyvosti vykorystannia imersyvnnykh tekhnolohii (virtualnoi i dopovненоi realnosti) v medychnii osviti ta praktytsi. [Features of the use of immersive technologies (virtual and augmented reality) in medical education and practice]. *Morphologia*, 14 (№ 3), 158–164. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2020.3.158-164>
3. Lytvynova, S. H., Sokoliuk, O. M. (2022). Kryterii ta pokaznyky otsiniuvannia yakosti navchalnykh ob'ektiv dopovненоi realnosti v pidruchnykakh fizyky. [Criteria and indicators for assessing the quality of augmented reality learning objects in physics textbooks]. *Informatsiini tekhnolohii ta zasoby navchannia – Information technologies and learning tools*, 88(2), 23–37. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.33407/itlt.v88i2.4870>
4. Salnyk, I.V. (2022). Pidkhody do orhanizatsii laboratornoho praktykum u pidhotovtsi vchytelia fizyky pid chas dystantsiinoho navchannia. [Approaches to the organization of a laboratory workshop in the training of a physics teacher in distance learning]. *Naukovyi visnyk Lotnoi akademii. Serii: Pedagogichni nauky. – Scientific Bulletin of the Flight Academy. Series: Pedagogical sciences*. 12, 108-116. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.33251/2522-1477-2022-12-108-116>
5. Salnyk, I.V., Fomenko, O.V. Vykorystannia tekhnolohii dopovненоi realnosti v umovakh dystantsiinoho ta zmishanoho navchannia v zakladakh fakhovoi peredvyshchoi osvity. [The use of augmented reality technologies in the context of distance and blended learning in professional higher education institutions]. Proceedings from: *II naukovopraktychna konferentsiia z mizhnarodnoiu uchastiu «Imersyvni tekhnolohii v osviti» – II scientific and practical conference with international participation «Immersive technologies in education»* (p.163-168), m. Kyiv, Instytut tsyfrovizatsii osvity NAPN Ukrainy. [in Ukrainian].
6. Syrovatskyi, O. V., Semerikov, S. O., Modlo, Ye. O., Yechkalo, Yu. V., Zelinska. S. O. (2018). Proektuvannia prohramnykh zasobiv dopovненоi realnosti navchalnoho pryznachennia. [Designing augmented reality software for educational purposes]. *Computer Science & Software Engineering: proceedings of the 1st Student Workshop (CS&SE@SW 2018)*, Kryvyi Rih, Ukraine, November 30, (pp. 193–225) [in Ukrainian].
7. Soroko, N.V. (2021). Pidkhody do vykorystannia imersyvnnykh tekhnolohii v zakladakh zahalnoi osvity. [Approaches to the use of immersive technologies in general education institutions]. Proceedings from: *Naukovopraktychna konferentsiia z mizhnarodnoiu uchastiu «Multymediini tekhnolohii v osviti ta inshykh sferakh diialnosti» – Scientific and practical conference with international participation «Multimedia technologies in education and other spheres of activity»*. K.: NAU, (pp. 113-115). [in Ukrainian].
8. Testuvannia dodatku z fizyky «BookVAR» dlia zakladiv osvity. Kyieva. [Testing the "BookVAR" physics application for educational institutions in Kyiv]. Retrieved from <https://don.kyivcity.gov.ua/news/11129.html> [in Ukrainian].
9. Tkachuk, V.V., Semerikov, S.O., Yechkalo, Yu.V., Markova. O.M., Mintii. M.M. (2020). Zasoby rozrobky dopovненоi realnosti dlia Web: porivnialnyi analiz. [Augmented reality development tools for the Web: a comparative analysis]. *Fizyko-matematychna osvita. – Physical and Mathematical Education*, 2(24), 159-167. [in Ukrainian]. https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2020-v2-24/2020_2-24-Tkachuk-Semerikov_FMO.pdf

10. Tsyulnyk, S.M. (2019). Zastosuvannia tekhnolohii dopovnenoї realnosti u protsesi pidhotovky fakhivtsiv z radioelektroniky. [Application of augmented reality technologies in the process of training specialists in radio electronics]. *Vidkryte osvıtnie e-seredovyshche suchasnoho universytetu. – Open educational e-environment of a modern university*, 355-362. Retrieved from: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2019s32> [in Ukrainian].

11. Hsiu-Mei Huang, Ulrich Rauch, Shu-Sheng Liaw (2010). Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. *Computers & Education*, 55, Issue 3, p. 1171-1182. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.05.014>.

12. Jared A. Frank, Vikram Kapila. (2017). Mixed-reality learning environments: Integrating mobile interfaces with laboratory test-beds. *Computers & Education*, Volume 110, P. 88-104. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.02.009>

13. Soroko, N. (2021). The augmented reality functions to support the STEAM education at general education institutions. *Physical and Mathematical Education*. Issue 3(29). P.24-30. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-029-3-004>

14. Tien-Chi Huang, Chia-Chen Chen, Yu-Wen Chou (2016). Animating eco-education: To see, feel, and discover in an augmented reality-based experiential learning environment. *Computers & Education*, Volume 96, P.72-82. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.008>.

15. Yiannis Georgiou, Olia Tsvitanidou, Christian Eckhardt, Andri Ioannou (2020). A learning experience design for immersive virtual reality in Physics classrooms. *6th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN 2020) Online*, June 21-25. <https://doi.org/10.23919/iLRN47897.2020.9155097>