

УДК 37.02:378.1+53.07+004

DOI <https://doi.org/10.32782/cusu-pmtp-2024-2-16>

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГІЧНІ ЗАСАДИ УПРОВАДЖЕННЯ ЗАСОБІВ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ У НАВЧАННІ ФІЗИКИ

Сальник Ірина Володимирівна,

доктор педагогічних наук, професор,
завідувач кафедри природничих наук
і методик їхнього навчання

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

ORCID ID: 0000-0003-1117-9862

Фоменко Олена Володимирівна,

здобувачка ступеня доктора філософії

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

ORCID ID: 0000-0002-6407-1305

У статті досліджуються психолого-педагогічні основи впровадження засобів доповненої реальності (AR) в освітній процес з фізики. Автори детально аналізують, як технології доповненої реальності та мобільної доповненої реальності (MAR) впливають на пізнавальні процеси учнів. Увага приділена особливостям організації освітнього процесу, де використовуються засоби AR, питанням адаптації навчального матеріалу під нові візуальні та інтерактивні форми подачі інформації. У статті обґрунтовано, що засоби доповненої реальності сприяють створенню більш динамічного і доступного середовища для вивчення складних фізичних явищ, полегшують абстрактні поняття за допомогою візуалізації, а також створюють умови середовища з особливим типом спілкування, що поєднує позитивні сторони традиційного навчання та віртуального середовища, сприяють розвитку критичного мислення та творчих здібностей.

З точки зору педагогічної теорії, AR-технології дозволяють диференціювати підхід до навчання, забезпечуючи можливість індивідуалізації навчального процесу. Відзначається, що учні з різними стилями навчання, такими як візуальний чи кінетичний, а також різної вікової категорії отримують рівні можливості для засвоєння матеріалу. Позитивно оцінюється також підвищення мотивації учнів до вивчення фізики завдяки інтерактивності та новизні технологій AR, що створюють ефект занурення.

У статті також розглянуто практичні аспекти інтеграції доповненої реальності в навчання. Описані приклади використання інструментів таких платформ як BookVAR ARBook, які можуть бути застосовані на уроках фізики, а також обговорено можливі виклики, з якими можуть стикнутися педагоги при впровадженні цієї технології.

Висновки статті наголошують на значному потенціалі доповненої реальності як інструменту підвищення якості навчання фізики, водночас підкреслюючи важливість врахування психолого-педагогічних аспектів для досягнення максимальної ефективності від впровадження цих інноваційних технологій.

Ключові слова: доповнена реальність, сучасні технології навчання, освітній процес з фізики, методичні підходи до навчання фізики, імерсивні технології навчання.

Salnyk Iryna, Fomenko Olena. Psychological and pedagogical fundamentals of introducing augmented reality in teaching physics

The article explores the psychological and pedagogical foundations for the implementation of augmented reality (AR) tools in the educational process of physics. The authors provide a detailed analysis of how augmented reality and mobile augmented reality (MAR) technologies affect students' cognitive processes. Attention is given to the features of organizing the educational process where AR tools are used, as well as to the issues of adapting educational materials to new visual and interactive forms of information presentation. The article argues that augmented reality tools contribute to the creation of a more dynamic and accessible environment for studying complex physical phenomena, facilitate the comprehension of abstract concepts through visualization, and create a unique communicative environment that combines the strengths of traditional learning and virtual environments, promoting the development of critical thinking and creative abilities.

From a pedagogical theory perspective, AR technologies enable a differentiated approach to learning, providing opportunities for individualization of the learning process. It is noted that students with different learning styles, such as visual or kinesthetic, as well as those of various age groups, receive equal opportunities for mastering the material. The article also positively evaluates the increase in students' motivation to study physics due to the interactivity and novelty of AR technologies, which create an immersive effect.

The article also addresses the practical aspects of integrating augmented reality into education. Examples of using tools from platforms such as BookVAR ARBook, which can be applied in physics lessons, are described, and potential challenges that educators may face when implementing this technology are discussed.

The conclusions of the article emphasize the significant potential of augmented reality as a tool for enhancing the quality of physics education, while highlighting the importance of considering psychological and pedagogical aspects to achieve maximum effectiveness in the implementation of these innovative technologies.

Key words: *augmented reality, modern learning technologies, educational process in physics, methodical approaches to learning physics, immersive learning technologies.*

Вступ. Сучасна динаміка розвитку технологій змінює парадигми навчання, відкриваючи перед освітніми системами нові перспективи та можливості. Проблеми у навчанні природничих дисциплін, зокрема фізики, що пов'язані із зниженням інтересу учнів та студентів до вивчення науки взагалі, створюють підґрунтя для пошуку нових, інноваційних підходів.

У цьому контексті запровадження віртуальної і доповненої реальності, штучного інтелекту та інших новітніх засобів може відігравати ключову роль, допомагаючи створити захоплююче, інтерактивне та вдосконалене освітнє середовище. Розуміння та дослідження застосувань сучасних інноваційних технологій в навчанні фізики дозволить визначити їхній потенціал та оптимальні напрями впровадження для досягнення найкращих педагогічних результатів.

Концепція змішування (blending (augmenting)) віртуальних даних – інформації, мультимедіа та навіть живих дій – з тим, що ми бачимо в реальному світі, виявилась потужним засобом для покращення сприйняття інформації (immersive), яку ми отримуємо завдяки нашим органами чуття.

Вираз «доповнена реальність» (AR) приписують колишньому досліднику Boeing Тому Коделлу (Tom Caudell), який, як вважають, увів цей термін у 1990 році. Доповнена реальність сама по собі старша за сам термін; перші застосування AR з'явилися наприкінці 60–70-х років минулого століття. До 1990-х років доповнену реальність почали використовувати деякі великі компанії з метою візуалізації, навчання та для інших цілей. Тепер технології, які роблять можливою доповнену реальність, достатньо потужні та компактні, щоб надавати досвід AR на персональних комп'ютерах і мобільних пристроях.

Перші мобільні додатки почали з'являтися ще у 2008 році. Бездротові мобільні пристрої все більше просувають цю технологію в мобільний простір, де програми пропонують багато перспектив не лише для бізнесу та розваг, а й у галузі освіти. Незважаючи на те, що мобільні пристрої мають більше обмежень порівняно з комп'ютерами, вони мають камери, безліч датчиків та обчислювальних ресурсів, які можна використовувати для розробки більш складних додатків мобільної AR (MAR). Удосконалення інтерфейсів взаємодії людини з комп'ютером, мобільних обчислень, мобільних хмарних обчислень, розуміння ландшафту, комп'ютерного бачення, мережевого кешування та зв'язку між пристроями створили новий досвід для користувачів, який покращує спосіб отримання, взаємодії та відображення інформації у світі, який нас оточує. Тепер ми можемо поєднувати інформацію з наших органів чуття та мобільних пристроїв безліччю способів, які раніше були неможливими.

Розглянувши дослідження, що були проведені [1–5] та стосувалися теоретичних та технічних аспектів упровадження засобів доповненої реальності, ми можемо стверджувати, що MAR здатні поєднувати реальні та віртуальні об'єкти в реальному середовищі, запускати та відображати доповнений перегляд на мобільному пристрої, є інтерактивною технологією, що працює у реальному часі.

Мобільний додаток можна класифікувати як додаток MAR, якщо він має такі характеристики [6]:

Вхід: враховує різні датчики пристрою (камера, гіроскоп, мікрофон, GPS), а також будь-які супутні пристрої.

Обробка: визначає тип інформації, яка буде відображатися на екрані мобільного пристрою. Для цього може знадобитися доступ, який зберігається локально на пристрої або у віддаленій базі даних.

Вихід: проєктує свій вихід на екран мобільного пристрою разом із поточним виглядом користувача (тобто доповнює реальність користувача).

Протягом останніх років було розроблено багато специфічних MAR-додатків для конкретних випадків, більшість із яких у сферах туризму, культури та освіти. Освіта – це той напрям, в якому MAR знаходить досить широке використання.

Донедавна доповнена реальність (AR) була однією з найновіших технологій, яка пропонує новий спосіб навчання. У зв'язку зі зростанням популярності мобільних пристроїв у всьому світі, широке використання MAR стало дуже поширеним явищем.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблеми використання засобів доповненої реальності в освіті є предметом дослідження багатьох науковців як в Україні (Модло Є.О., Єчкало Ю.В., Семеріков С.О., Ткачук В.В. [7], Гончарова Н.О. [8], Литвинова С.Г. [9, 10], Сороко Н.В. [11], Гриб'юк О.О., Дементієвська Н.П., Соколюк О.М., Слободяник О.В. [12] та ін.), так і за кордоном. Варто відзначити, що за останні роки кількість таких досліджень зростає. За даними відкритого архіву наукових робіт «Дипломні та дисертаційні роботи у відкритому доступі» (Open Access Theses and Dissertations, OATD) за ключовими словами «доповнена і віртуальна реальності в освіті»: з 1997 року по 2001 рік представлено всього 29 досліджень, з 2002 р. по 2006 р. – 143, з 2007 р. по 2011 р. – 428, з 2012 р. по 2016 р. – 1137, з 2017 р. по 2021 р. – 1887 [12, с. 15], що безперечно демонструє актуальність та сучасність напрямку нашого дослідження.

Обговорюючи педагогічний потенціал, який AR може привнести в освітню систему, М. Бауер та ін. [13] припускають, що вчителям та викладачам важливо продовжувати оновлювати свої знання про технології AR, щоб підготувати себе та свої класи до майбутніх розробок. В цьому ж напрямі проводить дослідження Литвинова С.Г. [9], яка на основі узагальнення та систематизації наукових та науково-методичних джерел обґрунтовує та пропонує процедуру використання AR на прикладі навчання фізики. У своєму дослідженні Сороко Н.В. [11] визначає важливість запровадження VR та AR з метою запровадження підходів STEM в умовах дистанційного та змішаного навчання. Г. Кутроманос та ін. [14] опублікували великий огляд літератури про AR та неформальне освітнє середовище. У статті також представлено кілька висновків дослідження, які демонструють позитивні результати навчання з використанням AR. Проведене нами дослідження [15] показало, що моделі та явища, розроблені у VR та AR, можуть значно підвищити увагу та сприйняття учнів та студентів. VR і AR дозволяють співпрацювати та працювати в команді, пропонують інноваційний простір і покращують кінестетичні, візуальні та тривимірні навички здобувачів освіти.

В багатьох дослідженнях підкреслюється також важливість вивчення тих проблем, які негативно впливають на користувачів віртуальної та доповненої реальності, що дозволить винахідникам створювати нешкідливі адаптивні освітні середовища AR. У цьому аспекті, ми також ставимо акцент на необхідності приділення уваги дизайну освітніх засобів, оскільки освітній продукт має бути не просто інструментом, з яким цікаво працювати, а й засобом навчання. Особливого загострюється ця проблема під час вивчення фізики та інших природничих дисциплін – досягнення рівноваги між бажанням учня просто пограти в середовищі AR і здатністю цього середовища надавати знання та формувати навички.

Отже, аналіз проблеми дослідження показує, що технологія доповненої реальності досягла такого рівня, коли її можна застосовувати в набагато ширшому діапазоні областей застосування, і освіта є сферою, де ця технологія може бути особливо цінною.

Мета статті: на основі аналіз психологічних та дидактичних засад використання доповненої реальності запропонувати методичні підходи їх упровадження в освітньому процесі з фізики.

Матеріали та метод. Під час дослідження використовувався комплекс методів: аналіз наукової і методичної літератури, дисертаційних досліджень, навчальних програм, підручників і навчальних посібників; узагальнення – з метою визначення понятійного апарату дослідження, формулювання висновків, виявлення методичних особливостей реалізації диференційованого та інтегративного підходів.

Результати дослідження. Освітній досвід, який пропонує доповнена реальність, відрізняється з кількох причин, зокрема:

- підтримується постійна взаємодія між реальним і віртуальним середовищами, що розширює межі сприйняття та занурення учнів в освітній простір ;
- можливість використовувати матеріальний інтерфейс для маніпулювання віртуальними об'єктами, що створює умови для командної роботи у спільному освітньому середовищі;
- можливість плавного переходу між реальністю та віртуальністю, що не дозволяє учням втратити відчуття реального освітнього простору.

Дослідження в галузі педагогіки та психології доводять, що учні краще працюють разом, якщо вони зосереджені на спільному робочому просторі. Але цього важко досягти в комп'ютерному класі, де діти, як правило працюють за окремими комп'ютерами. Навіть якщо сидіти за одним комп'ютером, шаблони групового спілкування відрізняються від тих, коли учні працюють за одним столом над однією інформацією. Коли студенти працюють за столом, простір між ними використовується для обміну сигналами спілкування, такими як погляд, жести та невербальна поведінка. Якщо люди говорять про предмети розташовані на столі, то простір завдань є підмножиною простору спілкування. Співучасники можуть бачити один одного та спільні сигнали спілкування одночасно з об'єктами, які вони обговорюють. Однак, коли користувачі співпрацюють перед екраном комп'ютера, вони часто сидять пліч-о-пліч, але їхня увага зосереджена на просторі екрана. У цьому випадку простір завдань є частиною екранного простору і відокремлений від простору міжособистісного спілкування.

В інтерфейсі доповненої реальності учні можуть сидіти за столом і одночасно бачити один одного та віртуальний об'єкт, який знаходиться посеред них. Це призводить до поведінки спілкування, яка більше схожа на природну особистісну співпрацю, ніж на екранну співпрацю [16]. Отже, середовище доповненої реальності розширюючи можливості спостереження об'єктів за рахунок віртуальної складової, залишає важливі характеристики реального освітнього середовища, що пов'язані із особливостями взаємодії його учасників.

Відомо, що у закладах освіти для передачі навчальної інформації зазвичай використовуються засоби навчання різного виду. Особливе місце серед них займають різні фізичні об'єкти, які підтримують співпрацю як своїм зовнішнім виглядом, фізичними та просторовими можливостями, якими вони наділені, їх використанням як семантичних образів, так і своєю здатністю допомагати концентрувати увагу. У доповненій реальності існує тісний зв'язок між віртуальними та фізичними об'єктами. Програми AR використовують фізичні об'єкти для інтуїтивно зрозумілого керування віртуальною інформацією. Крім того, такі програми дають можливість значно покращити й самі фізичні об'єкти, наділивши їх додатковими можливостями, наприклад, шляхом динамічного накладання інформації, відображення різного виду даних, контекстно-залежного візуального вигляду та фізичної взаємодії. Таким чином, усі (в тому числі маленькі діти), хто користується доповненою реальністю, навіть не маючи значного досвіду

роботи з комп'ютером, можуть мати багатий інтерактивний та освітній досвід: наприклад, маніпулювати тривимірними віртуальними об'єктами, просто переміщуючи реальні картки, до яких прикріплені віртуальні моделі, або спостерігати віртуальні об'єкти, простим наведенням камери пристрою на предмет чи напис, тощо.

AR має здатність захоплювати кінестетичне навчання. Крім того, оскільки AR використовує 3D-реєстрацію віртуальних і реальних об'єктів, це може дозволити користувачеві переглядати навчальний контент у 3D-перспективі. Ця можливість допомагає учням, які зазвичай стикаються з труднощами у навчанні, візуалізувати явища або складну теорію, які неможливо побачити в реальному світі. Доповнена реальність може допомогти учням розглянути 3D-об'єкт або явище з різних точок зору або ракурсів та покращити їхнє розуміння. Таким чином в AR-середовищі створюються рівні умови у навчанні для усіх учнів та студентів.

Науковці відзначають, що AR у формі ігор може активізувати попередні знання та пізнавальну діяльність, покращити співпрацю між студентами, а також студентами та викладачами, забезпечує позитивний вплив на мотивацію учнів середньої школи. Доведено, що AR-середовище може підвищити мотивацію та інтерес учнів, що, у свою чергу, може допомогти їм краще зрозуміти зміст навчання.

Отже, дидактичні можливості доповненої реальності як частини імерсивного середовища навчання є досить великими – від створення умов для реальної взаємодії учасників освітнього процесу у розширеному за рахунок віртуальних об'єктів освітньому середовищі до підвищення уваги, зацікавленості та мотивації учнів у навчанні.

Аналіз наукових джерел та власний досвід використання AR в освітньому процесі [17] дозволяє стверджувати, що імерсивні технології (доповненої реальності, віртуальної реальності):

- зміщують акцент з предмету (об'єкту) навчання на суб'єкт навчання – учня;
- дають змогу індивідуалізувати навчання, виходячи з потреб самого учня;
- створюють умови інклюзивного освітнього середовища;
- дозволяють проводити дороговартісні або небезпечні досліди та експерименти в імерсивному середовищі.

Мілграм зазначає, що комп'ютерні інтерфейси можна розмістити в континуумі відповідно до того, яка частина світу користувача створена комп'ютером [18] (рис. 1). Рухаючись зліва направо, кількість віртуальних образів збільшується, а зв'язок із реальністю слабшає. Виходячи з такої послідовності, технологію AR можна використовувати для плавного переходу користувачів уздовж цього континууму. На нашу думку, засобом для такого переходу може стати підручник.

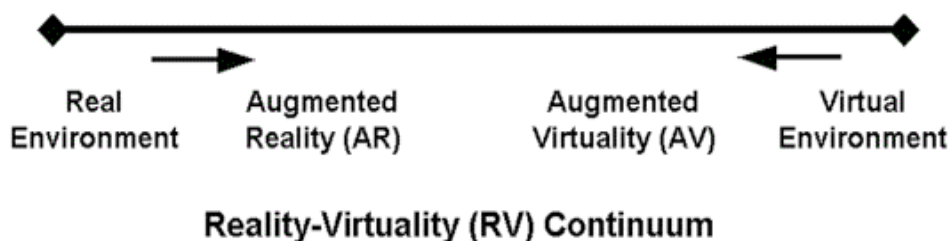


Рис. 1. Континуум реального-віртуального [18]

Маленькі діти часто фантазують, ніби їх поглинули сторінки казки, а вони стали частиною історії. Технологія AR перетворює цю фантазію в реальність, використовуючи звичайну книгу як основний об'єкт інтерфейсу. Люди можуть гортати сторінки книги, дивитися на малюнки та читати текст без будь-яких додаткових технологій. Однак, якщо вони дивляться на сторінки через дисплей доповненої реальності, вони бачать тривимірні віртуальні моделі,

що з'являються зі сторінок. Моделі відображаються прикріпленими до реальної сторінки, тож користувачі можуть бачити AR-сцену з будь-якої точки зору. Моделі можуть бути будь-якого розміру, а також анімовані, тому перегляд AR є вдосконаленою версією традиційної тривимірної «спливаючої» книги. Користувачі можуть змінювати віртуальні моделі, просто перегортаючи сторінки книги та побачити історію як захоплююче віртуальне середовище. Таким чином, користувачі можуть відчувати повний континуум «реальність-віртуальність».

Використання такої технології в підручниках нового покоління підтримує нові форми навчання. Підручники більше не є статичними джерелами інформації. Завдяки використанню доповненої реальності друкована сторінка може стати засобом переміщення учнів у *інтерактивні віртуальні освітні середовища*.

Ми проводимо своє дослідження щодо впливу імерсивних технологій, зокрема засобів доповненої реальності, на освітній процес під час навчання фізики студентами закладів фахової передвищої освіти, які вивчають природничі дисципліни на рівні учнів закладів загальної середньої освіти, але із професійним спрямуванням та учнів закладів загальної середньої освіти. Як засіб навчання нами обраний мобільний додаток BookVAR – освітня платформа віртуальної та доповненої реальності для вивчення природничих наук.

У 2017 році компанія FLEXREALITY на замовлення КНП «Освітня агенція міста Києва» запустила розробку соціального проєкту BookVAR. Він складався із застосунків для iOS та Android, а також окремої версії для VR-шоломів. Як зазначають автори проєкту, їхньою метою було «оживити шкільні підручники», що є особливо важливим для шкіл в сільській місцевості, яких в Україні 65%, де є проблеми з матеріально-технічним оснащенням [19].

Цей додаток дає можливість кожному учню в індивідуальному темпі спостерігати експерименти ключових тем програми з фізики 7–11 класів. Візуалізація за допомогою 3D-анімації відтворює процеси, явища, об'єкти досліджень з максимально можливою точністю, але без можливості зміни користувачем величин обчислювальних та вимірювальних операцій.

Додаток із використанням віртуальної реальності дає можливість брати участь у проведенні 160 експериментів з фізики за програмою для 8–11 класів, затвердженою МОН України. Створений для шоломів віртуальної реальності. На сьогодні основним пристроєм для роботи з додатком є шолом Oculus Quest та Oculus Quest 2. Запускаючи додаток, користувач потрапляє у повноцінне віртуальне середовище – лабораторію в стилі Sci-fi. Кожен експеримент має голосове озвучення та текстовий опис. Хід експерименту – поетапний, контролюється самим користувачем. Час виконання не обмежений. Середовище віртуальної лабораторії розроблене як відкритий стабільний простір, максимально наближений до звичайного повсякденного середовища. Керування процесами відбувається за рахунок маніпуляторів, які виглядають як людські руки з природньо рухливими пальцями [19].

Додаток дозволяє учням виконати цікаві, складні чи навіть небезпечні експерименти у віртуальній або доповненій реальності. Використовується як доповнення до підручника фізики [20], працює за мітками, по наведенню камери на сторінку підручника, має чітку структуру відповідно до розділів. Для роботи з додатками створено систему запитань (рефлексію), яка дає змогу з'ясувати наскільки учень розуміє фізичні теорії, явища та може пояснити їх застосування в техніці і побуті.

На жаль, ще не повністю розроблений контент для математики, хімії, біології, географії, відсутня астрономія. Основним недоліком цього додатку є те, що він не є загальнодоступним, для роботи з ним потрібні ключі доступу, які надає лише компанія-розробник за запитом закладів освіти.

З 2021 по 2024 роки Кіровоградський медичний фаховий коледж та КЗ «Ліцей «Науковий» Кропивницької міської ради» брали участь у безкоштовній апробації цього додатку.

Перед початком роботи з доповненою реальністю нами вивчалися проблеми організації діяльності на заняттях фізики, ролі сучасних інноваційних технологій в освітньому процесі, обізнаності учнів із технологіями VAR, виявлялися чинники впливу на рівень мотивації учнів до навчання фізики.

Ми провели опитування учнів щодо обізнаності та досвіду використання засобів AR; ставлення учнів до запровадження інноваційних технологій, зокрема у навчанні фізики; мотивації до вивчення природничих дисциплін; перспектив використання AR у навчанні.

Було виявлено, що близько 47% учнів, які по завершенню 9 класу прийшли навчатись до коледжу та ліцею, мають середній рівень мотиваційної спрямованості, лише 14% учнів – високий рівень. Водночас встановлено, що мотивація до навчання фізики учнів досить низька. 42% учнів висловили думку про те, що дуже часто уроки є нецікавими, зокрема по причині відсутності дослідів й спостережень, 68% учнів бажають спостерігати на уроках віртуальні досліди та вважають, що це полегшило б сприйняття ними навчального матеріалу.

Учні показали досить високу обізнаність у технологіях AR: більше 60% чули про них. В той же час, використовують їх для навчання або розваг лише 15% респондентів, хоча певний досвід використання має більше 50% учнів. 79% опитаних однозначно висловили бажання використовувати інноваційні технології, в тому числі AR, у навчанні.



Рис. 2. Апробація додатку BookVAR на занятті фізики

Для роботи з додатками доповненої реальності BookVAR нами були розроблені методичні матеріали, які включають тестові завдання, експериментальні дослідження, завдання для самостійної роботи в умовах змішаного навчання тощо.

Наведемо приклад використання додатку доповненої реальності BookVAR під час вивчення фізики в 10–11 класах. Зокрема для студентів медичного коледжу запропоновані завдання, які передбачають не лише вивчення фізичних явищ, а й формування здатності використовувати отримані знання для розвитку професійних здібностей.

Тема: *«Використання явищ змочування (незмочування) та капілярних явищ в медицині і техніці»*

Мета: Формувати знання про рідини та їх властивості, явища змочування (незмочування) та їх використання, капілярні явища (в природі, техніці та медицині), методи визначення поверхневого натягу.

Знати: поняття сила поверхневого натягу, поверхневий натяг рідини, змочування (незмочування), капіляр, меніск, додатковий тиск Лапласа.

Вміти: пояснювати явища капілярність і змочування (незмочування), залежність коефіцієнта поверхневого натягу від різних чинників, оцінювати значення капілярних явищ для життєдіяльності живих організмів та їх використання в побуті, техніці та медицині.

Підручники: 1. Фізика (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом В. М. Локтева). Підручник для 10 класу закладів загальної середньої освіти (автори Бар'яхтар В.Г., Довгий С.О., Божинова Ф.Я., Кірюхіна О.А.), ТОВ «Видавництво «Ранок», 2018.

2. Фізика (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом О. І. Ляшенка). Підручник для 10 класу закладів загальної середньої освіти (автори Головка М.В., Мельник Ю.С., Непорожня Л.В., Сіпій В.В.), КП «Видавництво «Педагогічна думка», 2018.

Завдання 1. Опрацюйте стор. 196–202 підручника [1] Фізика 10 клас. Пройдіть тестування <https://www.classtime.com/code/QZ6Q8J>

Завдання 2. Відкрити додаток BookVAR, обрати «Фізика» → 10 клас (скористайся підручником) → Обрати «Явища змочування і незмочування» Стор. 199 → *перейти до експерименту з поясненням.*

Ознайомитись з анімацією, дати відповідь на питання:

2.1 Які значення набуває краєвий кут (кут змочування Θ), якщо рідина змочує, не змочує, часткового змочує тверде тіло?

2.2 Людині, яка потрапила під дощ або сильно спітніла, важко зняти з себе мокрий одяг, тоді як сухий – знімати легко. Дайте цьому фізичне пояснення.

2.3 Наведіть приклад матеріалів, які ми використовуємо для одягу, що не промокає? Як називають такі матеріали? Що означає позначка «waterproof» на одязі або взутті?

2.4 Чому баклани не можуть тривалий час перебувати у воді на відміну від качок?

Завдання 3. Знайдіть відповіді на питання:

3.1. Навіщо перед тим як зробити ін'єкцію зі шприца видаляють повітря? Що таке «повітряна емболія»?

3.2. Чому додатковий тиск Лапласа може призвести до пориву труб централізованого опалення під час опалювального сезону? Як цьому запобігти?

3.3. Деревне вугілля використовують для очищення речовин від шкідливих домішок. На якому явищі це ґрунтується? Де подібне явище використовують в побуті і медицині?

В ході апробації додатку BookVAR, як інноваційного засобу навчання фізики, нами проводились опитування учнів щодо їх мотивації до навчання, а також порівняння рівня навчальних досягнень з класами, де не використовувалась технологія доповненої реальності.

Результати опитувань студентів медичного коледжу показали зростання мотивації щодо вивчення фізики, але лише в умовах використання цікавих дослідів та експериментів. Загальний показник мотивації залишився на попередньому рівні (49%). Учні ліцею налаштовані більш оптимістично, їх рівень мотивації значно зріс і склав 65% – середній рівень, 20% – високий рівень.

Відбулось також підвищення рівня навчальних досягнень учнів та студентів, що дозволило нам стверджувати: використання засобів доповненої реальності як інноваційної технології навчання є актуальним, ефективним та сучасним напрямом розвитку природничої освіти.

Висновки. Проведене нами дослідження щодо упровадження імерсивних технологій навчання в освітній процес з фізики показало, що засоби доповненої реальності є тими технологіями, які на сучасному етапі змін у загальній середній освіті та в умовах глобального зниження інтересу учнів до природничих та технічних галузей і спеціальностей, здатні забезпечити мотивацію та зацікавленість здобувачів освіти, активізувати пізнавальну їхню діяльність, створити умови для інклюзивного навчання та забезпечити диференційований підхід

у навчанні фізики. Велика роль в створенні AR-середовища належить вчителю, який сам повинен бути не лише обізнаний із сучасними тенденціями в освіті, а активно брати участь у впровадженні інноваційних технологій. Взаємодія в новому середовищі доповненої реальності між вчителем та здобувачами освіти відбувається за принципами реальних освітніх середовищ, але можливості для навчання здобувачів при цьому значно розширені за рахунок віртуальних об'єктів. На відміну від інших цифрових технологій, інтерфейси AR пропонують плавну взаємодію між реальним і віртуальним світами, відчутну метафору інтерфейсу та засіб для переходу між реальним і віртуальним світами. Педагоги повинні працювати в тандемі з дослідниками в цій галузі, щоб дослідити, як найкраще застосувати усі позитивні характеристики AR та створити нешкідливі адаптивні освітні середовища. Подальше дослідження проблеми ми пов'язуємо із вивченням можливостей та розробкою методики використання освітньої платформи ARBook у навчанні фізики.

Література:

1. Renevier P., Nigay L. Mobile collaborative augmented reality: The augmented stroll. *Proc. 8th IFIP Int. Conf. Eng. Human-Comput. Interaction (EHCI)*, London, U.K., 2001, pp. 299–316. URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=645350.650720> (дата звернення 27.08.2024).
2. Kock T. The future directions of mobile augmented reality applications. *Proc. PIXEL*, 2010, pp. 1–10.
3. Azuma R., Baillot Y., Behringer R., Feiner S., Julier S., MacIntyre B. Recent advances in augmented reality. *IEEE Comput. Graph. Appl.*, vol. 21, no. 6, pp. 34–47, 2001.
4. Azuma R. T. A survey of augmented reality. *Presence, Teleoper. Virtual Environ.*, vol. 6, no. 4, pp. 355–385, 1997. <http://dx.doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>.
5. Karimi H. A., Hammad A., Eds. *Telegeoinformatics: Location-Based Computing and Services*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2004.
6. Shi B., Yang J., Huang Z., Hui P., Of loading guidelines for augmented reality applications on wearable devices. *Proc. 23rd ACM Int. Conf. Multimedia (MM)*, New York, NY, USA, 2015, pp. 1271–1274. <http://doi.acm.org/10.1145/2733373.2806402>.
7. 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. URL: https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2020-v2-24/2020_2-24-Tkachuk-Semerikov_FMO.pdf (дата звернення 27.08.2024).
8. Гончарова Н. О. Технологія доповненої реальності в підручниках нового покоління. *Проблеми сучасного підручника*. 2019. № 22. С. 46–56. <https://doi.org/10.32405/2411-1309-2019-22-46-56>.
9. Литвинова С. Г. Використання сервісу доповненої реальності Flipprbuilder учителями природничо-математичних предметів в освітній практиці. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*. 2023. Випуск 1 (52). С. 98–105.
10. Литвинова С.Г. Створення цифрового освітнього контенту з доповненою реальністю: сервіс Flipprbuilder: посібник. Київ: ІЦО НАПН України, 2022. 96 с. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/733833/1/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20Blipper-2022-%D0%9B%D0%B8%D1%82.pdf> (дата звернення 27.08.2024).
11. Сороко Н.В. Функції доповненої реальності для підтримки STEAM освіти в закладах загальної освіти. *Фізико-математична освіта*. 2021. Випуск 3(29). С. 24–30. URL: <https://fmo-journal.org/index.php/fmo/article/view/72> (дата звернення 27.08.2024).
12. Використання засобів доповненої та віртуальної реальностей в навчальному середовищі закладів загальної середньої освіти: методичні рекомендації / С. Г. Литвинова, Н. В. Сороко, Ю. М. Богачков, О. О. Гриб'юк, Н. П. Дементієвська, О. М. Соколюк, О. В. Слободяник, П. С. Ухань / за наук. ред. С. Г. Литвинової. К. : ІЦО НАПН України, 2022. 74 с. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/734430/1/%D0%9C%D0%95%D0%A2%D0%9E%D0%94%D0%98%D0%A7%D0%9D%D0%86%20%D0%A0%D0%95%D0%9A%D0%9E%D0%9C%D0%95%D0%9D%D0%94%D0%90%D0%A6%D0%86%D0%87-%202023.pdf> (дата звернення 27.08.2024).
13. Bower M., Howe C., McCredie N., Robinson A., Grover D. Augmented reality in education_Cases, places and potentials. *Edu. Media Int.*, 2014. vol. 51, no. 1, pp. 1–15.
14. Koutromanos G., Sofos A., Avraamidou L. The use of augmented reality games in education: A review of the literature. *Edu. Media Int.*, 2015. vol. 52, no. 4, pp. 253–271. <http://dx.doi.org/10.1080/09523987.2015.1125988>.

15. Salnyk I., Grin L., Yefimov D., Beztsinna Zh. The Future of Higher Education: Implementation of Virtual and Augmented Reality in the Educational Process. *Futurity Education*, 2023. 3(3). P. 46–61. <https://doi.org/10.57125/FED.2023.09.25.03>.

16. Kiyokawa K., Billingham M., Hayes S., Gupta A., Sannohe Y., Kato H. (2002) Communication Behaviors of Co-Located Users in Collaborative AR Interfaces. *Proceedings of the IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2002)*, 30 Sept. – 1 Oct., 2002, Darmstadt, Germany, IEEE Press, Los Alamitos, CA, pp. 139–148.

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

18. Milgram P., Kishin F. A. Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IECE Trans. on Information and Systems* (Special Issue on Networked Reality), 1994. vol. E77-D, no.12, pp.1321–1329.

19. Bookvar. Освіта у віртуальній і доповненій реальності. URL: <https://flexreality.pro/ua/proekt-dlya-obrazovaniya-v-dopolnenoj-realnosti/> (дата звернення 27.08.2024).

20. Фізика (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом В. М. Локтева). Підручник для 10 класу закладів загальної середньої освіти (автори Бар'яхтар В.Г., Довгий С.О., Божинова Ф.Я., Кірюхіна О.А.), ТОВ «Видавництво «Ранок», 2018. 272 с.

References:

1. Renevier, P., & Nigay, L. (2001). Mobile collaborative augmented reality: The augmented stroll. *Proc. 8th IFIP Int. Conf. Eng. Human-Comput. Interaction (EHCI)*, London, U.K. p. 299–316. Retrieved from: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=645350.650720> [in English].

2. Kock, T. (2010). The future directions of mobile augmented reality applications. *Proc. PIXEL*. pp. 1–10 [in English].

3. Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Comput. Graph. Appl.*, vol. 21, no. 6, 34–47 [in English].

4. Azuma, R.T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence, Teleoper. Virtual Environ.*, vol. 6, no. 4, 355–385. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355> [in English].

5. Karimi, H.A., & Hammad, A. (Eds.) (2004). *Telegeoinformatics: Location-Based Computing and Services*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press [in English].

6. Shi, B., Yang, J., Huang, Z., & Hui, P. (2015). Of loading guidelines for augmented reality applications on wearable devices. *Proc. 23rd ACM Int. Conf. Multimedia (MM)*, New York, NY, USA. P. 1271–1274. <http://doi.acm.org/10.1145/2733373.2806402> [in English].

7. Tkachuk, V.V., Semerikov, S.O., Yechkalo, Yu.V., Markova, O.M., & Mintii, M.M. (2020). Zasoby rozrobky dopovnoeni realnosti dlia Web: porivnialnyi analiz [Augmented reality development tools for the Web: a comparative analysis]. *Fizyko-matematychna osvita*, 2(24), 159–167. Retrieved from: https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2020-v2-24/2020_2-24-Tkachuk-Semerikov_FMO.pdf [in Ukrainian].

8. Honcharova N.O. (2019). Tekhnolohiia dopovnoeni realnosti v pidruchnykakh novoho pokolinnia [Augmented reality technology in new generation textbooks]. *Problemy suchasnoho pidruchnyka*, 22, 46–56. <https://doi.org/10.32405/2411-1309-2019-22-46-56> [in Ukrainian]

9. Lytvynova, S.H. (2023). Vykorystannia servisu dopovnoeni realnosti Blippbuidier uchyteliamy pryrodnycho-matematychnykh predmetiv v osvitnii praktytsi [Using the Blippbuidier augmented reality service by teachers of science and mathematics subjects in educational practice]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Serii: «Pedagogika. Sotsialna robota»*, 1(52), 98–105 [in Ukrainian].

10. Lytvynova, S.H. (2022). Stvorennia tsyfrovoho osvitnoho kontentu z dopovnoeniou realnistiu: servis Blippbuilder [Creation of digital educational content with augmented reality: Blippbuilder service]: posibnyk. Kyiv: ITSo NAPN Ukrainy. Retrieved from: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/733833/1/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20Blipper-2022-%D0%9B%D0%B8%D1%82.pdf> [in Ukrainian].

11. Soroko, N.V. (2021). Funktsii dopovnoeni realnosti dlia pidtrymky STEAM osvity v zakladakh zahalnoi osvity [Augmented reality functions to support STEAM education in general education institutions]. *Fizyko-matematychna osvita*, 3(29), 24–30. Retrieved from: <https://fmo-journal.org/index.php/fmo/article/view/72> [in Ukrainian].

12. Vykorystannia zasobiv dopovnoeni ta virtualnoi realnostei v navchalnomu seredovyschi zakladiv zahalnoi serednoi osvity (2022). [The use of augmented and virtual reality tools in the educational environment of general secondary education institutions]: metodychni rekomendatsii / S. H. Lytvynova, N. V. Soroko, Yu. M. Bohachkov, O. O. Hrybiuk, N. P. Dementiievska, O. M. Sokoliuk, O. V. Slobodianyuk, P. S. Ukhan /za nauk. red. S. H. Lytvynovoi – K. : ITSo NAPN Ukrainy. Retrieved from: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/73443>

0/1/%D0%9C%D0%95%D0%A2%D0%9E%D0%94%D0%98%D0%A7%D0%9D%D0%86%20%D0%A0%D0%95%D0%9A%D0%9E%D0%9C%D0%95%D0%9D%D0%94%D0%90%D0%A6%D0%86%D0%87-%202023.pdf [in Ukrainian].

13. Bower M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014). Augmented reality in education_Cases, places and potentials. *Edu. Media Int.*, vol. 51, no. 1, 1–15 [in English].

14. Koutromanos, G., Sofos, A., & Avraamidou, L. (2015). The use of augmented reality games in education: A review of the literature. *Edu. Media Int.*, vol. 52, no. 4, 253–271. <http://dx.doi.org/10.1080/09523987.2015.1125988> [in English].

15. Salnyk, I., Grin, L., Yefimov, D., & Beztsinna, Zh. (2023). The Future of Higher Education: Implementation of Virtual and Augmented Reality in the Educational Process. *Futurity Education*, 3(3), 46–61. <https://doi.org/10.57125/FED.2023.09.25.03> [in English].

16. Kiyokawa, K., Billingham, M., Hayes, S., Gupta, A., Sannohe, Y., & Kato, H. (2002). Communication Behaviors of Co-Located Users in Collaborative AR Interfaces. *Proceedings of the IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2002)*, 30 Sept. – 1 Oct., 2002, Darmstadt, Germany, IEEE Press, Los Alamitos, CA, pp. 139–148 [in English].

17. Salnyk, I., & Fomenko, O. (2023) Imersyvni tekhnolohii v umovakh dystantsiinoho ta zmishanoho navchannia [Immersive technologies in the conditions of distance and mixed learning]. *Fizyka ta osvichni tekhnolohii*, 2, 35–44. <https://doi.org/10.32782/pet-2023-2-5> [in Ukrainian].

18. Milgram, P., & Kishin, F.A. (1994). Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IECE Trans. on Information and Systems* (Special Issue on Networked Reality), vol. E77-D, no.12, pp.1321–1329 [in English].

19. Bookvar. Osvita u virtualnii i dopovnenii realnosti [Bookvar. Education in virtual and augmented reality]. Retrieved from: <https://flexreality.pro/ua/proekt-dlya-obrazovaniya-v-dopolnennoj-realnosti/> [in Ukrainian].

20. Fizyka (riven standartu, za navchalnoiu prohramoiu avtorskoho kolektyvu pid kerivnytstvom V. M. Loktieva) (2018). [Physics (standard level, according to the curriculum of the author's team under the leadership of V. M. Loktev)]. *Pidruchnyk dlia 10 klasu zakladiv zahalnoi serednoi osvity* (avtory Bariakhtar V.H., Dovhyi S.O., Bozhynova F.Ia., Kiriukhina O.A.), TOV «Vydavnytstvo «Ranok», 272 p. [in Ukrainian].