



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ОСВІТИ



**ПРОЄКТУВАННЯ
НАВЧАЛЬНОГО
СЕРЕДОВИЩА З
ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ
ДОПОВНЕНОЇ ТА
ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТЕЙ
В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ
СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ**

Колективна монографія

Київ
ІЦО НАПН України
2023

ІНСТИТУТ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ОСВІТИ

**Проектування
навчального середовища
з використанням засобів
доповненої та віртуальної реальностей
в закладах загальної середньої освіти**

Колективна монографія

Київ-2023

УДК 378.(4:6):377.8]+372.851]:004
П 79

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Інституту цифровізації освіти НАПН України
(Протокол № 9 від 30.06.2023 р.)*

Рецензенти:

*О. П. Буйницька, доктор педагогічних наук, професор, завідувач НДЛ цифровізації освіти
Київського університету імені Бориса Грінченка
О. Ю. Буров, доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник Інституту
цифровізації освіти НАПН України*

П 79 Проектування навчального середовища з використанням засобів доповненої та віртуальної реальностей в закладах загальної середньої освіти: колективна монографія / Литвинова С.Г., Сороко Н.В., Баценко С.В., Богочков Ю.М., Гриб'юк О.О., Дементієвська Н.П., Коркішко І.А., Слободяник О.В., Соколюк О.М., Ухань П.С. / за наук. ред. Литвинової С.Г. Київ: ЦО НАПН України, 2023. 219 с.

ISBN 978-617-8330-13-2

У монографії представлено результати колективного дослідження проблем використання систем комп'ютерного моделювання для проектування пізнавальних завдань і формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів у закладах загальної середньої освіти України.

На основі аналізу наукових досліджень закордонних і вітчизняних вчених, стану розвитку цифрового освітнього середовища закладів освіти, сучасних підходів, визначеного теоретико-методологічного апарату обґрунтовано поняття «система комп'ютерного моделювання», концептуальну модель, моделі використання й упровадження системи комп'ютерного моделювання в заклади загальної середньої освіти; етапи проектування, форми й методи використання пізнавальних завдань в освітньому процесі; розкрито особливості проектування і комп'ютерного моделювання, підходи до комплексного формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів у закладах загальної середньої освіти; акцентовано увагу на питаннях безпечного використання мережі Інтернет.

Розраховано на наукових, науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів, магістрантів, викладачів закладів післядипломної педагогічної освіти, вчителів закладів загальної середньої освіти, які займаються теоретичними і практичними проблемами підвищення якості освіти на засадах упровадження інформаційно-комунікаційних технологій в освітню практику.

УДК 373.3/.5.016:5]:004

ISBN 978-617-8330-13-2

© Литвинова С. Г., Сороко Н.В.,
Баценко С.В., Богочков Ю.М.,
Гриб'юк О.О., Дементієвська Н.П.,
Коркішко І.А., Слободяник О.В.,
Соколюк О.М., Ухань П.С., 2023
© ЦО НАПН України, 2023

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ ДОПОВНЕНОЇ ТА ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТЕЙ	7
1.1. ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД ПРОЄКТУВАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ ДОПОВНЕНОЇ ТА ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТЕЙ	7
1.2. ВПЛИВ ЗОВНІШНІХ ЧИННИКІВ НА РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ AR/VR В ГАЛУЗІ ОСВІТИ	15
1.3. ПРИНЦИПИ ТА ПІДХОДИ ВИКОРИСТАННЯ ДОПОВНЕНОЇ ТА ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТЕЙ В ОСВІТНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ ЗАКЛАДУ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ	21
1.4. ОСВІТНІЙ КОНТЕНТ З ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНОСТЮ ЯК СКЛАДНИК ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗАКЛАДУ ОСВІТИ	23
1.5. МУЛЬТИСЕНСОРНЕ НАВЧАННЯ ЯК ТЕХНОЛОГІЯ НАВЧАННЯ В СЕРЕДОВИЩАХ ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ	26
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТЕЙ	29
2.1. КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО ПРОЄКТУВАННЯ ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНІСТЮ	29
2.2. КЛАСИФІКАЦІЙНІ ОЗНАКИ ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ	37
2.3. ПЕДАГОГІЧНІ УМОВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ AR/VR	42
2.4. МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО НАВЧАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ AR/VR	47
2.5. МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ УЧАСНИКІВ ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ ДОПОВНЕНОЇ ТА ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТЕЙ ..	52
2.6. ПЕРЕВАГИ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ УЧНІВ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНИМИ ПОТРЕБАМИ	65
2.7. РИЗИКИ І ВІДПОВІДАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДОПОВНЕНОЇ І ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ШКІЛЬНІЙ ОСВІТІ	69
2.8. ТЕОРЕТИКО-КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ ПРОЄКТУВАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ ЯК НАВЧАЛЬНИХ ЕКОСИСТЕМ	74
2.9. МОДЕЛЬ НАВЧАЛЬНОЇ ЕКОСИСТЕМИ НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ	84
РОЗДІЛ 3. ВИКОРИСТАННЯ ДОПОВНЕНОЇ ТА ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ ЗЗСО	103
3.1. МЕТОДИЧНА СИСТЕМА ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ AR/VR ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ	103

3.2. ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З AR/VR	106
3.3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИХ ВПЛИВІВ ВИВАЖЕНОГО ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ....	109
3.4. ГОТОВНІСТЬ УЧНІВ ГІМНАЗІЙ ДО ВИКОРИСТАННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ.....	118
3.5. ГОТОВНІСТЬ УЧНІВ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ.....	128
3.6. РОЗВИТОК КОГНІТИВНИХ ЗДІБНОСТЕЙ СТАРШОКЛАСНИКІВ ЗАСОБАМИ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ.....	138
3.7. ВКЛЮЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДО ОСВІТЯНСЬКОЇ ПРАКТИКИ: МОЖЛИВОСТІ І ПЕРЕШКОДИ ЗАСТОСУВАННЯ.....	140
3.8. ВРАХУВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЙ AR/VR ПРИ ЇХ ВИКОРИСТАННІ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ	143
3.9. ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ І СЕРВІСІВ ХМАРО ОРІЄНТОВАНИХ СИСТЕМ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ І ПРОФЕСІЙНОГО РОЗВИТКУ ВЧИТЕЛІВ: АСПЕКТ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ.....	150
3.10. ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГУРТКА «СТВОРЕННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ» В ЗЗСО	157
3.11. УПРОВАДЖЕННЯ КУРСУ З РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ В УМОВАХ ДОСЛІДНИЦЬКОГО НАВЧАННЯ УЧНІВ	162
3.12. РОЗРОБЛЕННЯ ЦИФРОВОГО КОНТЕНТУ ВЧИТЕЛЕМ	190
ВИСНОВКИ.....	196
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	200

ВСТУП

У сучасному світі, де технологічний прогрес стрімко розвивається, освітні заклади не можуть залишитися осторонь. Зміни в суспільстві вимагають переосмислення традиційних методів навчання та застосування нових підходів, які забезпечують активну, цікаву та ефективну освіту для молодого покоління. Упровадження інноваційних технологій у навчальний процес є одним із ключових завдань, що стоять перед сучасною освітою. У цьому контексті засоби доповненої (Augmented Reality, AR) та віртуальної реальності (Virtual Reality, VR) займають особливе місце. Ці технології дозволяють створювати імерсивні, інтерактивні та змістовні навчальні середовища, де учні можуть переживати унікальні досвіди та набувати нових знань. Вони відкривають безмежні можливості для віртуальних екскурсій, моделювання складних процесів, взаємодії зі штучними об'єктами та вирішення реальних проблем, що розширює межі традиційного навчання.

Проектування освітнього середовища з використанням засобів доповненої та віртуальної реальності в закладах загальної середньої освіти стає актуальним завданням для освітян та дослідників. Розробка ефективних методик та педагогічних підходів до використання цих технологій у навчальному процесі відкриває нові перспективи для підвищення мотивації, активності та інтерактивності учнів, а також розвитку їх творчих здібностей та критичного мислення.

Монографія присвячена вивченню теоретичних та практичних аспектів проектування освітнього середовища з використанням засобів доповненої та віртуальної реальності в закладах загальної середньої освіти. Вона поєднує актуальні наукові дослідження, педагогічний досвід та передові практики, спрямовані на вдосконалення навчального процесу та забезпечення якісної освіти. Авторським колективом піднімаються такі ключові проблеми, як: теоретичні основи проектування та використання доповненої та віртуальної реальності в освіті, переваги та обмеження їх використання; проектування інтерактивних навчальних програм та змісту з використанням цих технологій; розробка методик та стратегій навчання з використанням доповненої та віртуальної реальності; оцінювання ефективності використання цих технологій у навчальному процесі; а також виклики та перспективи їх впровадження в закладах загальної середньої освіти.

Метою цієї монографії є систематизація наукових знань, висвітлення передового педагогічного досвіду та розробка практичних рекомендацій для освітян, методистів та керівників закладів загальної середньої освіти, щодо успішного впровадження технологій доповненої та віртуальної реальності в навчальний процес. Зокрема, розглядаються питання щодо необхідності підготовки педагогічного персоналу, доступності необхідного обладнання та програмного забезпечення, впровадження відповідних інфраструктурних змін. Авторами пропонується вирішення цих викликів шляхом розробки рекомендацій та практичних рішень, спрямованих на забезпечення успішної інтеграції засобів доповненої та віртуальної реальності у сучасні освітні процеси.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ ДОПОВНЕНОЇ ТА ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТЕЙ

1.1. ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД ПРОЄКТУВАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ ДОПОВНЕНОЇ ТА ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТЕЙ

Закордонні дослідники і практики почали приділяти увагу цифровим технологіям, зокрема віртуальній (VR) та доповненій (AR) реальностям в освіті порівняно недавно. Перші спроби застосування доповненої реальності були здійснені в Массачусетському технологічному інституті в 2006 і 2007 рр. в навчальних іграх [120]. Освітнє середовище стало сферою, що значно змінилося завдяки впровадженню технологій віртуальної реальності. Ці засоби надали можливості для покращення навчального процесу та залучення учнів і студентів до активного навчання.

Зарубіжні країни активно використовують засоби VR для створення інтерактивного навчального середовища. Завдяки спеціальним навчальним програмам та апаратному забезпеченню, учні та студенти можуть взаємодіяти з віртуальними об'єктами та ситуаціями, що дозволяє їм активно досліджувати, експериментувати та розв'язувати реальні проблеми. Наприклад, використання VR у вивченні природничих наук дає можливість учням спостерігати молекулярну структуру речовин, вивчати фізичні закони та процеси наочно та ефективно. Засоби VR дозволяють учням відвідати відомі місця та культурні пам'ятки навіть без фізичної присутності, що особливо корисно для тих, хто не має можливості поїхати на екскурсію чи мандрувати до історичних місць.

Учні можуть мати доступ до віртуальних лабораторій та симуляцій, які дозволяють їм проводити експерименти та дослідження у безпечному середовищі. Засоби VR допомагають вчителям створювати реалістичні ситуації, де учні можуть вивчати фізичні закони, хімічні реакції, біологічні процеси та багато іншого. Це надає можливість розвивати навички спостереження, аналізу та критичного мислення, а також підвищує безпеку учнів під час проведення експериментів.

Окрім того факту, що технології віртуальної реальності (VR) можуть моделювати середовища та ситуації реалістично та правдоподібно, вони пропонують кілька переваг, які роблять їх використання дуже корисним у різних сферах людської діяльності, особливо в освіті. Як результат, за останнє десятиліття VR-технології використовуються в широкому діапазоні програм. Наприклад, соціальні програми VR [101] дозволяють людям віддалено

зустрічатися, співпрацювати та ділитися досвідом [90]. Крім того, багато найбільш широко використовуваних і перспективних додатків VR стосуються тренувальних симуляцій, що використовуються як навчальний інструмент для пілотів і водіїв різних транспортних засобів, небезпечних робіт, таких як шахтарі [10] і військові [81]. Ключова перевага використання віртуальної реальності в цих програмах полягає в тому, що вона забезпечує реалістичні умови навчання в контрольованому і, отже, набагато безпечнішому середовищі, одночасно значно знижуючи витрати та підвищуючи ефективність навчання. Речі, якими неможливо керувати у фізичному світі, як-от час доби, або є випадковими, як-от погодні умови, у віртуальному світі цілком можна контролювати. Більше того, VR пропонує можливість повторювати сценарії та краще оцінювати роботу учня. Запровадження віртуальної реальності в освіті може покращити результати навчання [103]. VR підвищує мотивацію та залученість учня. VR дозволяє учням відчувати, а не просто дивитися та слухати, одночасно сприяючи комплексному навчанню [135]. Це дає учням можливість досліджувати об'єкти чи події, до яких немає доступу, наприклад Сонячну систему, історичні місця та події [135]; [82] або внутрішню частину людського тіла [108]. Крім того, VR може бути корисним для навчання вчителів [130]. Технології віртуальної реальності використовуються в галузі охорони здоров'я для медичної освіти та навчання, а також у різних видах терапії. Використання симуляторів у медичній освіті захищає пацієнтів, водночас пропонує учням можливість розвивати свої навички, знання та впевненість у професійній діяльності, а також оцінювати їх результативність [86]; [114]. Терапія віртуальною реальністю [142] використовується у пацієнтів із різними фобіями, такими як страх висоти [122], клаустрофобія [34]; [134], страх публічних виступів [104]; [133], соціальна тривожність [33], посттравматичний стрес [14] і депресія [45].

Закордонний досвід засвідчує впровадження AR/VR на різних рівнях освіти – від початкової школи до вищої освіти. Наприклад, у звіті Hanover Research за 2022 р. проаналізовано відповіді понад 500 вчителів K-12 і понад 1000 батьків дітей та встановлено, що в середньому понад 40% учнів вже активно використовують доповнену реальність в освітній практиці (рис. 1).

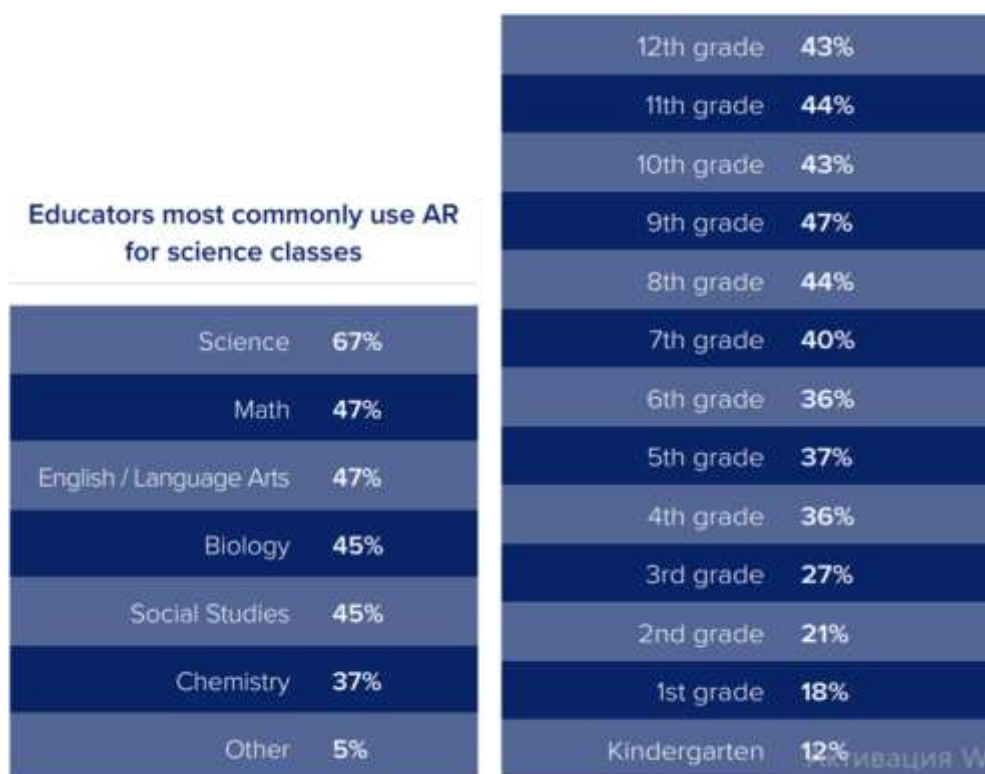


Рис. 1. Звіт компанії Hanover Research, щодо використання технології AR¹

Використання AR/VR дозволяє учням мандрувати в часі та просторі. Наприклад, Google Expeditions надає ним унікальну можливість відвідати давні культури, історичні події, світові архітектурні шедеври та інші місця з різних куточків світу. Учасники можуть досліджувати Піраміди Гізи, досліджувати джунглі Амазонки, перетворитися на дослідника античної Римської імперії або стати свідком історичних подій, таких, як мандри на місяць в кораблі «Аполлон-11» та ін.

VR дозволяє учням отримати практичні навички у безпечному віртуальному середовищі. Віртуальні лабораторії дозволяють проводити досліди без необхідності використання складного обладнання та хімічних речовин. Наприклад, засоби VR можуть відтворювати взаємодію реальних хімічних речовин, фізичних експериментів чи біологічних процесів, застосовуватися для навчання студентів певних професійних навичок.

Освітні ігри на основі VR стають все популярнішими засобами залучення учнів до навчання. Вони сприяють забавному та захопливому способу опанування навчального матеріалу. Такі ігри можуть включати інтерактивні квести, головоломки, історичні симуляції, мовні практикуми, що дозволяють учням вдосконалити свої знання та вміння.

Використання VR у навчанні сприяє підвищенню мотивації учнів до засвоєння нових знань. Занурення в імерсивний віртуальний світ створює

¹ URL: <https://www.mheducation.com/unitas/school/explore/mcgrawhill-ar-report-2022.pdf>

захоплююче та захисне середовище, що стимулює бажання більше дізнатися та вивчити предмет. Учні більш активно залучаються до навчання та проявляють більше інтересу до вивчення матеріалу.

VR також дозволяє створити бар'єрний безпечний простір для навчання учнів/студентів з особливими потребами. Для дітей з аутизмом або іншими психологічними та фізичними обмеженнями, віртуальне навчання може бути менш стресовим та більш зрозумілим середовищем, що дозволяє покращити їх академічні результати.

Зарубіжний досвід з використання віртуальної реальності в освіті демонструє безліч переваг та перспектив для покращення навчального процесу. Імерсивні технології дозволяють створити динамічне та цікаве освітнє середовище, що залучає учнів до навчання та забезпечує їх активну участь у навчальних процесах. Використання VR допомагає зробити навчання більш доступним та ефективним для різних категорій учнів/студентів, а також стимулює креативний підхід до навчання та інноваційність в освіті. Застосування імерсивних технологій в освітніх середовищах - це невичерпне джерело можливостей, яке привертає увагу педагогів та дослідників з усього світу.

Незважаючи на багатообіцяючі переваги, використання імерсивних технологій у навчанні також вносить свої виклики та обмеження, які варто враховувати. Розглянемо детальніше.

Вартість обладнання: Зараз віртуальна реальність все ще відноситься до досить дорогих технологій. Вартість обладнання та програмного забезпечення може бути високою для загальних закладів освіти, особливо для тих, які мають обмежений бюджет.

Технічні вимоги: Імерсивні технології вимагають потужних комп'ютерів або спеціальних пристроїв, таких як VR-окуляри та контролери. Це може створювати перешкоди для широкого впровадження цих технологій у школах.

Можливі проблеми зі здоров'ям: У деяких випадках, довготривала експозиція до віртуальної реальності може викликати дискомфорт або проблеми зі здоров'ям, такі як симптоми руху, головний біль або запаморочення. Це особливо стосується молодших учнів, у яких нервова система може бути більш чутливою.

Вимоги до контенту: Створення якісного та освітнього контенту для імерсивних технологій може бути часом і трудомістким завданням. Розробка віртуальних інтерактивних сценаріїв та ігор вимагає спеціалізованої експертизи та ресурсів.

Навчання вчителів: Впровадження імерсивних технологій у навчальний процес також вимагає підготовки вчителів та педагогічних кадрів. Вчителям

потрібно опанувати нові технічні навички та методики, щоб ефективно використовувати VR у навчанні.

Незважаючи на виклики та обмеження, розвиток імерсивних технологій у навчанні продовжує покращувати освіту та створювати нові можливості для навчання та розвитку студентів у всьому світі. Зацікавленість учнів, більша активність та глибше засвоєння матеріалу - все це свідчить про те, що імерсивні технології стають невід'ємною частиною сучасного освітнього середовища та сприяють підвищенню якості навчання у загальних закладах освіти.

Технологія AR постійно розвивається наряду з різними типами обладнання, особливо з розвитком різних видів гаджетів та додатків для смарт-пристроїв. Технологія AR може створювати ілюзії в реальному світі за допомогою віртуального цифрового шару, що покращує навички просторової візуалізації [7]. Ця функція має потенціал застосування у сфері освіти [116]. AR стає трендом у сфері освіти. Дослідження показало значні результати, де студенти/учні, які використовували технологію AR, змогли підвищити рівень мотивації та мати високий рівень впевненості та задоволення від використання мобільних пристроїв на основі AR у навчанні [21]. Ці висновки узгоджуються з дослідженнями [22], у якому зазначається, що викладання з використанням додатків AR може привернути увагу студентів/учнів та підвищити їхню мотивацію до навчання.

Аналіз зарубіжного досвіду щодо використання AR в освітньому процесі передбачає рішення таких питань: під час реалізації яких стратегій навчання використовують доповнену реальність (AR), на яких рівнях освіти (початкова, середня або вища) використовують стратегії навчання з доповненою реальністю (AR) та ін.

Цікавим є перші дослідження за цими питаннями, які є основою для подальших рішень. Нами були використані наступні ключові слова в пошуках у базах даних: доповнена реальність, стратегія навчання та інтеграція навчання. Пошук проводився в Scopus, Web of Science, Science Direct, Taylor Francis та Springer. Пошук дав 1167 звернень, але лише 17 може вважатися релевантним для дослідження виходячи з наступних позицій: у дослідженні має бути зазначено, що стратегія навчання використовує AR; дослідження було опубліковано між роками 2015 та 2019; дослідження має мати емпіричний характер даних. У табл. 1 представлено узагальнений аналіз закордонних публікацій.

Таблиця 1.

Основні результати дослідження закордонних вчених щодо використання AR/VR для навчання учнів

Дослідження	Мета(и) дослідження	Стратегії навчання	Вік учнів
Wang Y.H. 2017 [140]	дослідити, чи може інтеграція методів AR підтримати курс редагування програмного забезпечення та вивчити різні ефекти навчання для учнів	змішане навчання	Студенти коледжу
Cascales-Martínez A, Martínez-Segura MJ, Pérez-López D, Contero M., 2017 [26]	визначити доцільність використання AR для навчання прикладної математики в початковій освіті для учнів з особливими потребами	групове навчання	6–12 років
Lee JJ, Chen CH, Wang CP, Chung CH., 2018 [87]	Зосередитися на стандартних невербальних соціальних сигналах для навчання дітей із розладом аутистичного спектру	Інтерактивне навчання	8–9 років
Huang YM, Lin PH. 2017 [65]	шляхи інтеграції технології AR, що працює на планшетних ПК (TPCs), або в класі, або в середовищі повсюдного навчання (Ubiquitous learning, u-learning).	Повсюдне навчання	13 років
Akbaş Y, Şahin IF, Meral E. 2019 [3]	дослідити вплив наукового підходу до навчання на основі аргументації на академічні досягнення учнів	навчання на основі аргументації (argumentation-based science learning approach)	12–13 років
Huang TC, Chen CC, Chou YW. 2016 [64]	аналіз емоційного впливу інтеграції технології AR у навчання	Експериментальне навчання (Experiential Learning), а саме процес навчання на практичному досвіді учнів	11-13 років
Hsu TC. 2019 [62]	розроблено та порівняно дві системи навчання AR для учнів третього класу для вивчення англійської лексики в зручних	навчання на основі гри (Game-based Learning)	8-9 років

Дослідження	Мета(и) дослідження	Стратегії навчання	Вік учнів
	умовах, а саме: одна система була розроблена на основі дизайну, заснованого на колективній грі (CGB), у якому учні повинні були зібрати сім реальних цілей без обмежень щодо того, з чого вони можуть почати; інша система була розроблена на основі схеми послідовних ігор (SMG), яка надала учням сім етапів для послідовного виконання		
Cheng YW, Wang Y, Cheng IL, Chen NS. 2019 [32]	аналіз процесу спільного формування знань учнями в цифровому ігровому навчальному середовищі за допомогою групової математичної гри на основі AR	Групове навчання, навчання на основі гри	11-12 років
Fidan M, Tuncel M. 2019 [46]	аналіз впливу проблемно-орієнтованого навчання (PBL) із використанням AR на досягнення учнів у навчанні	Проблемне навчання (Problem-based Learning, PBL)	12-13 років
Wei X., Weng D., Liu Y., Wang Y. 2015 [141]	представити загальну технічну схему навчання творчому дизайну, що включає застосування AR	творчий дизайн, мотивація навчання	Студенти коледжу
Martin-Gonzalez A, Chi-Poot A, Uc-Cetina V. 2016 [52]	Описати розробку та оцінку системи AR для навчання евклідовим векторам у фізиці та математиці	Інтерактивне навчання	18-22 років
Wójcik M. 2016 [143]	визначити обсяг і потенційне використання AR у навчанні інформаційних професіоналів та бібліотекарів	Інтерактивне навчання	Студенти коледжу
Chen YC., 2019 [30]	дослідити, як AR вплинула на навчання, мотивацію та математичні здібності учнів із високою та низькою тривожністю	Мобільне навчання	11-12 років
Chen C-H, Chou Y-Y,	інтегрувати AR з концептуальними картами, щоб	Інтерактивне навчання	10-11 років

Дослідження	Мета(и) дослідження	Стратегії навчання	Вік учнів
Huang C-Y. 2016 [29]	сформувати концептуально-картований AR (CMAR) каркас для ефективного навчання учнів закладів загальної освіти		
Ruiz-Ariza A, Casuso RA, Suarez-Manzano S, Martínez-López EJ. 2018 [117]	проаналізувати вплив Pokémon GO на когнітивні здібності та емоційний інтелект учнів	Інтерактивне навчання	12–15 років
Garrett BM, Jackson C, Wilson B. 2015 [49]	дослідити, чи нові технології мобільної доповненої реальності мають потенціал для покращення вивчення клінічних навичок бакалаврату медичних сестер у лабораторії з використанням AR	Експериментальне навчання	Студенти коледжу
Bos AS, Herpich F, Kuhn I, Guarese RLM, Tarouco LMR, Zaro MA, et al. 2019 [13; 14]	вплив AR, який використовується як інструмент для освітнього контенту, на концентрацію студентів на навчанні	Інтерактивне та мобільне навчання	Студенти коледжу

У табл. 1 виокремлені чотири ключові навчальні стратегії, що застосовуються з AR, а саме: інтерактивне навчання, ігрове навчання, групове навчання та навчання на основі досвіду. Серед них інтерактивне навчання згадується найчастіше. Інтерактивне навчання ми розглядаємо, як процес навчання, де учні використовують когнітивні та метакогнітивні стратегії, щоб взаємодіяти з даними, запропонованими під час навчання [62]. Навчання на основі гри стосується використання певних принципів гри та їх реалізації для залучення користувачів до навчання [109]. Ігрове навчання можна використовувати з різними навчальними методами при викладанні різних дисциплін.

Дослідницька діяльність із підтримкою AR може залучити учнів у захоплюючий контекст, який покращує наукові дослідження, де вони можуть збирати дані за межами класу, взаємодіяти з аватаром або спілкуватися віч-на-віч з однолітками в більш автентичному середовищі

1.2. ВПЛИВ ЗОВНІШНІХ ЧИННИКІВ НА РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ AR/VR В ГАЛУЗІ ОСВІТИ

За останні 50 років ми відчуваємо значні зміни в розвитку комунікаційних та інформаційних технологій. У ХХІ ст. результатом такого розвитку є поява таких технологій, як доповнена та віртуальна реальності. Ці технології змінили спосіб використання контенту в реальному світі, зокрема доповнена реальність (AR).

Технологія доповненої реальності була винайдена в 1968 році й пройшла довгий шлях у своєму становленні (рис. 2).

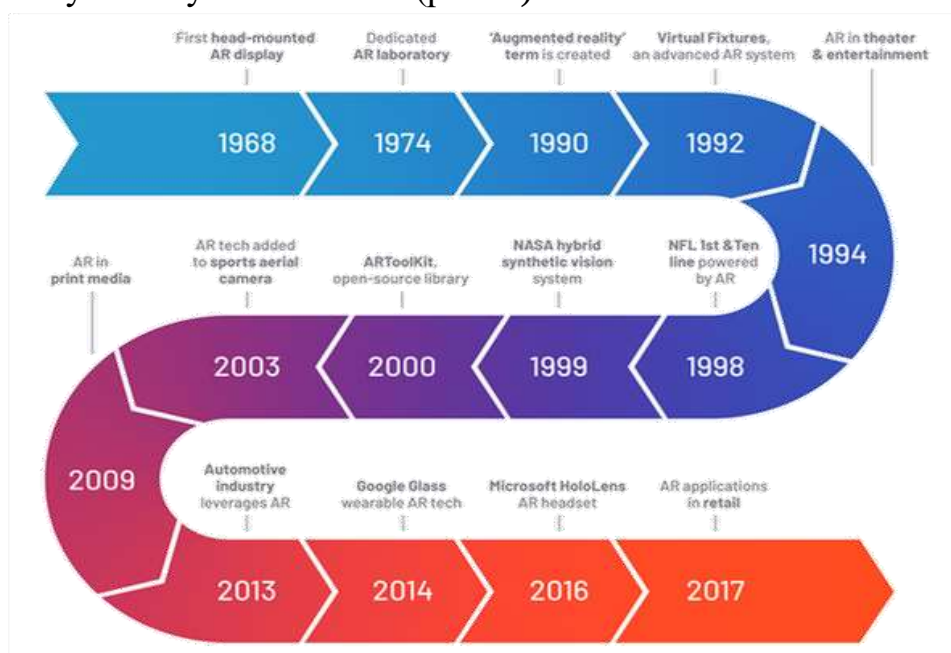


Рис. 2. Історія розвитку доповненої реальності²

Віртуальна реальність пройшла довгий шлях за останні 50 років, але вона все ще вважається новою технологією (рис. 3).

Розвиток цього цифрового напрямку настільки стрімкий, що тільки у 2014 році компанія Google вперше представила окуляри доповненої реальності Google Glass – технології, яка дозволяла обмінюватися даними через мережу Інтернет за допомогою команд обробки природної мови, як у 2017 році компанія IKEA розробила нову програму доповненої реальності IKEA Place яка назавжди змінила наше уявлення про можливості представлення цифрових об'єктів. За допомогою цієї програми користувачі могли віртуально переглядати варіанти домашнього декору, перш ніж здійснювати закупівлю (<https://learn.g2.com/history-of-augmented-reality>).

² URL: <https://learn.g2.com/history-of-augmented-reality>

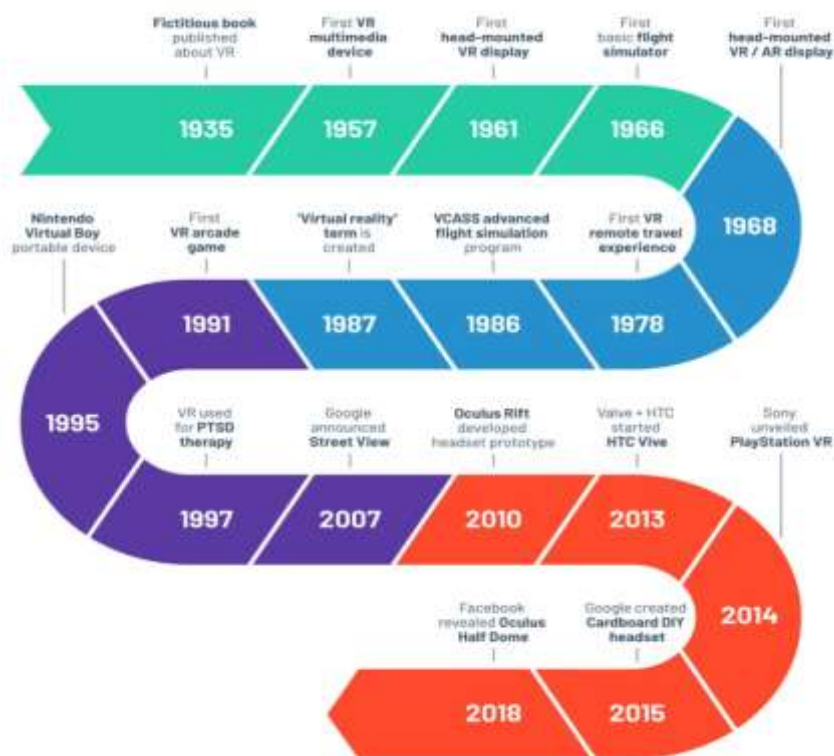


Рис. 3. Історія розвитку віртуальної реальності³

Наукові дослідження в галузі віртуальної реальності відзначаються не лише експериментами та технологічними досягненнями, але й ретроспективним аналізом її історії. Початки розвитку віртуальної реальності можна відстежити у прагненні вчених та винахідників подолати обмеження реального світу. Здійснення цієї амбіції призвело до створення перших систем віртуальної реальності, де об'єкти та оточення взаємодіяли з користувачем у тривимірному просторі.

Спираючись на архіви, наукові публікації та технічні звіти, ми розглядаємо підходи до віртуалізації, які пройшли шлях від експериментальних концепцій до впроваджених систем.

За результатами дослідження провідної світової дослідницької й консалтингової компанії Gartner Group розвиток цієї технології знаходиться на етапі «розчарування». Склалося відчуття, що технологія не виправдала себе за окремими напрямками (рис. 4).

Стан використання користувачами віртуальної (VR) та доповненої (AR) реальностей в Сполучених штатах Америки в 2018 році в розрізі гаджетів був такий: смартфони – 77%, ПК – 35%, окремі додатки – 19%.

³ URL: <https://www.g2.com/articles/history-of-virtual-reality>

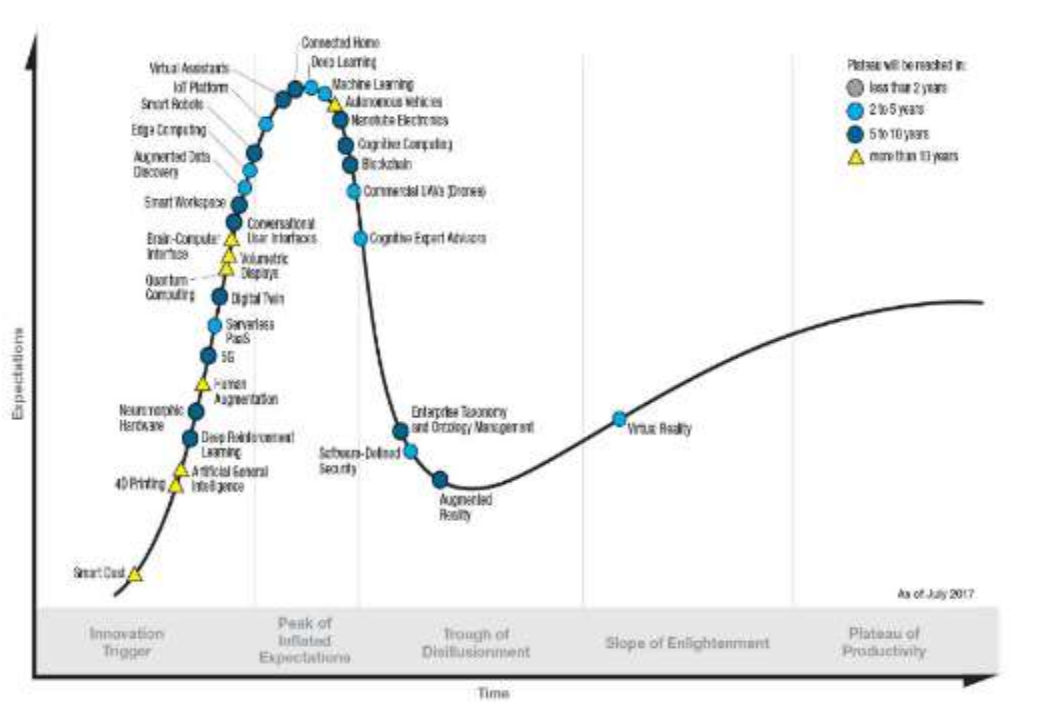


Рис. 4. Hype Cycle для нових технологій (gartner.com/SmarterWithGartner)

Згідно з дослідженням Statista (<https://www.statista.com/>), 92% респондентів в США знають термін «віртуальна реальність»; 97% студентів хотіли б вивчити курс VR; 93% вчителів сказали, що їх учні будуть раді використовувати віртуальну реальність під час навчання; майже 80% вчителів мають доступ до пристроїв віртуальної реальності, але тільки 6,87% регулярно використовують їх в навчальному процесі; 70% вчителів мають бажання використовувати віртуальну реальність для пояснення нового матеріалу й імітації природних процесів. 11% дорослого населення в США володіють апаратним або програмним забезпеченням віртуальної реальності (VR). Прогнозований обсяг ринку доповненої (AR) і VR по всьому світу в 2020 році має сягнути 18,8 млн дол. Статистичні дані щодо використання віртуальної й доповненої реальності під час навчання в закладах загальної середньої освіти на даний час відсутні.

Досліджуючи питання впровадження інноваційних технологій, зокрема доповненої реальності (AR), в систему освіти України ми дійшли висновку, що це довготривалий процес на який мають вплив не тільки ІК-технології, а й інші зовнішні чинники: кіноіндустрія, бізнес, вчителі-новатори, виробники освітнього контенту (Рис. 5).

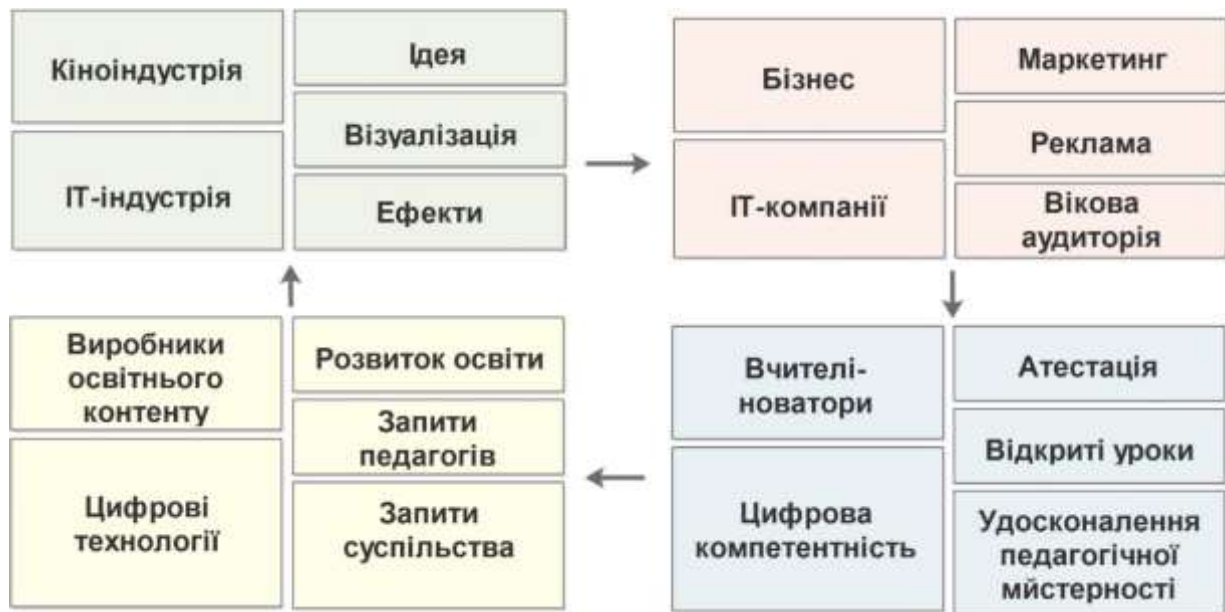


Рис. 5. Зовнішні чинники впливу на розповсюдження технології AR

Кіноіндустрія. Саме тут народжуються нові ідеї як для реалізації технології візуалізації, так і впливу на глядача різними інноваційними ефектами. Потім розроблена технологія презентується на виставках різного рівня та підхоплюється бізнесовими структурами (рис. 6).



Фільм «Особлива думка», 2002 р.



Smart Board в ЗЗСО, 2007 р.

Рис. 6. Від ідеї до освітнього впровадження технології

Бізнес. Його основна мета – великі обсяги продажів, яких вони досягають за допомогою реклами, а в останні роки це не тільки банери, плакати та флаєри, а й новітні технології, зокрема доповнена реальність (рис. 7). Наприклад система супермаркетів «АТБ» у 2017 році запустив перший проєкт з доповненою реальністю *книгу* «Аліса в Країні Чудес», а у 2022 році у співпраці з NTI Loyalty та за підтримки Міжнародної організації UNICEF запустив національний

благодійний проєкт з технологією доповненої реальності «Брайти», що включає низку карток з 3D-героями⁴.



Книга «Аліса в країні чудес», 2017 р. Картки «Брайти», 2022 р.

Рис. 7. Бізнес-реклама як чинник впровадження технології

Ці заохочення з доповненою реальністю користувачам системи «АТБ» видають як подарунки за покупки. Тому первинні навички використання нової технології учні та вчителі-новатори можуть отримувати саме через розвиток реклами в бізнесі. Маркетологи та PR-менеджери орієнтуються на молодь шкільного віку які є провідниками технології і яку потім в освітніх цілях підхоплюють вчителі-новатори.

Вчителі-новатори. Це категорія освітян які постійно розвиваються і вдосконалюють педагогічну майстерність, зокрема з використанням новітніх цифрових технологій [155].

До використання новітніх технологій вчителів спонукають: атестація, відкриті уроки, отримання звання, отримання категорії, участь у конкурсі «Учитель року» та ін. Проте, вчителі-новатори відрізняються неперервним саморозвитком, жагою до опанування нових технологій, зокрема цифрових.

Для отримання навичок використання нових технологій вчитель-новатор активно бере участь в семінарах, вебінарах, тренінгах, літніх школах, самостійно опановує дистанційні курси (рис. 8) [20].

Далі відбувається інтеграція отриманих знань в освітню практику, тобто апробація технології в реальних умовах та популяризація педагогічної майстерності серед колег закладу освіти, міста, регіону та ін.

Оскільки вчителі закладів освіти є авторами підручників, посібників, робочих зошитів то отримані технологічні знання вони інтегрують у видавничу діяльність, співпрацюючи з виробниками освітнього контенту.

⁴ <https://cutt.ly/bLKJv2v>



Рис. 8. Опанування вчителями технології доповненої реальності на тематичних семінарах

Виробники освітнього контенту. Саме цей чинник впливає на широкомасштабне впровадження новітньої технології, зокрема доповненої реальності в освітню практику закладів освіти.

На них впливають вчителі-новатори, суспільство, вимоги до освітнього контенту, обумовлені розвитком освіти. Крім того, виробники також мають співпрацювати з ІТ-компаніями, розвиватися й опановувати нові цифрові технології для реалізації інноваційного контенту і задоволення потреб користувачів.

Наприклад, видавництво «Ранок» розробило серію книг «Моя творча енциклопедія»⁵ з доповненою реальністю яку можна використати на уроках трудового навчання і зібрати 3D-моделі або конструктор LEGO з AR для розвитку конструкторських здібностей учнів на STEM-уроках (рис. 9) [128].



Конструктор і книга з доповненою реальністю



Конструктор LEGO з доповненою реальністю

Рис. 9. Конструктори з доповненою реальністю

⁵ <https://cutt.ly/oLHKJiX>

До особливостей цього чинника потрібно віднести бізнесову складову. Крім пряму освіти вони орієнтуються на широкого користувача своєї продукції, який є пріоритетним.

Саме на цьому етапі підіймається питання *якості освітнього контенту з доповненою реальністю*. Якість такого контенту має визначатися за критеріями, що враховують: вікові особливості учнів, відповідають навчальним програмам, мають коректну логічну анімацію, 3D-моделі живої та неживої природи, є аналогами реальних об'єктів, мають чіткі зображення та неагресивне забарвлення, інноваційний дизайн та включають тести для здійснення формувального оцінювання [180], [181].

На впровадження доповненої реальності в освітню практику впливають зовнішні чинники, від яких залежить швидкість розповсюдження технології. Від ідеї до використання в освіті технологія проходить значний шлях: створення, розвиток, удосконалення, адаптація. Важливу роль у впровадженні доповненої реальності відіграють вчителі-новатори, які як провідники нового, осучаснюють освітній процес, роблять його цікавим для нового покоління учнів. Саме вони адаптують та інтегрують нові технології в освітню практику.

1.3. ПРИНЦИПИ ТА ПІДХОДИ ВИКОРИСТАННЯ ДОПОВНЕНОЇ ТА ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТЕЙ В ОСВІТЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ ЗАКЛАДУ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Необхідність інтеграції ІКТ в освітній процес є важливим для пристосування різноманітних стилів навчання учнів та студентів і задовольнити освітні вимоги [38]. Навчання за допомогою технологій стає все більш популярним, оскільки воно може становити невід'ємну частину освіти 21 століття та збагатити традиційну освіту, допомогти вчителям і викладачам підвищити якість освіти та успішно задовольнити нові освітні потреби молоді [92]. Інтереси, уподобання, здібності, особистість і знання учнів слід брати до уваги при розробці навчальної діяльності за допомогою доповненої та віртуальної реальності [83]. Використання технологій розширеної реальності, таких як доповнена реальність і віртуальна реальність, в освітній сфері також набуває поширення, оскільки вони забезпечують інтригуючий досвід через інтерактивне середовище [75; 76]. Ці безпечні середовища забезпечують відчуття занурення та відповідають теорії навчання [132; 118]. Крім того, вони впливають на всі органи чуття людини, створюють більш мотиваційну та захоплюючу навчальну діяльність, сприяють позитивній навчальній поведінці та ставленню, полегшують процеси викладання та навчання, призводять до покращення результатів навчання та дозволяють учням краще розуміти навчальні предмети

та вдосконалювати свої навички [23]. Таким чином, технології занурення, як VR та AR можуть впливати на саморегуляцію, самоефективність, когнітивне навантаження, мотивацію, втілення та інтерес учнів, а також сприяти їхній свободі волі та присутності [96].

Розглянемо принципи застосування AR/VR технологій в освіті.

3D-візуалізація в AR/VR — це процес створення, відображення та маніпулювання об'єктами та сценами в тривимірному просторі. У контексті AR, це означає інтеграцію тривимірних об'єктів у реальному часі з оточуючим середовищем. У VR, 3D-візуалізація дозволяє користувачам зануритися в імерсивні віртуальні світи, де об'єкти мають глибину, розміри та реалістичний вигляд.

Інтерактивність в AR/VR означає можливість взаємодії користувача з віртуальним оточенням чи об'єктами. Це включає в себе різноманітні способи взаємодії, такі як рухи, голосові команди, жести та сенсорні дії. Інтерактивність робить AR/VR більш захоплюючим та адаптивним до дій користувача, що розширює можливості взаємодії та покращує загальний імерсивний ефект.

Принцип відкритості. AR-технології мають бути відкритими для всіх учасників освітнього процесу. На їхнє використання не впливають симпатії або навпаки, антипатії, власний настрій чи стан.

Педагогічної доцільності. Використання AR в освітньому процесі має сприяти підвищенню якості освіти.

Принцип доступності – учасники освітнього процесу мають доступ до об'єктів і засобів AR, усіх дидактичних, методичних матеріалів та навчальної літератури.

Принцип пізнання є методологією в обґрунтуванні набуття знань здобувачами освіти за допомогою AR. У центрі досліджуваних AR знаходиться особистість як член соціуму, суб'єкт.

Принцип цілісності передбачає чітке визначення місця AR в освітньому процесі.

Принцип навчальної спрямованості базується на впровадженні AR для підтримування освітнього процесу й реалізації основної мети всебічного розвитку особистості.

Принцип мобільності – використання AR здійснюється будь-де і будь-коли.

До ключових підходів щодо використання AR-технології в освітньому процесі можна віднести такі.

Когнітивний підхід (з англ. cognitive) означає виявлення причин та пошук шляхів розв'язування навчальних проблем, що слугують стимулом у процесі розумового розвитку учня з використанням AR.

Системний підхід (з англ. system) орієнтує на визначення навчання з використанням AR як цілеспрямованої діяльності суб'єктів. Він вимагає розгляду зв'язків між метою, завданнями, змістом, формами, методами навчання у взаємодії компонентів педагогічного процесу, що дозволяє виявляти якісні характеристики та загальні системні властивості.

Діяльнісний підхід (з англ. practice) спрямовано на організацію діяльності суб'єкта з використанням AR з метою активізації пізнавальної діяльності та саморозвитку.

Диференційований підхід (з англ. differential) полягає у забезпеченні прав обдарованих дітей та дітей з різними функціональними обмеженнями на отримання доступу до якісних освітніх послуг.

Особистісно орієнтований (з англ. individually oriented) підхід вимагає визнання унікальності особистості, що передбачає опору на природний процес розвитку здібностей, самовизначення, самореалізацію, самоутвердження, створення для цього відповідних умов.

Інноваційний підхід (з англ. innovative) підхід означає використання AR-технології, що забезпечує новітні умови навчання, модернізацію методів і форм навчання, підвищення якості освіти.

1.4. ОСВІТНІЙ КОНТЕНТ З ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНОСТЮ ЯК СКЛАДНИК ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗАКЛАДУ ОСВІТИ

Питання підвищення якості освітнього контенту з метою покращення візуалізації освітнього змісту й удосконалення освітнього процесу піднімається вченими і педагогами постійно, що обумовлено неперервним розвитком інформаційно-комунікаційних технологій, освітнього контент-середовища та психологічними особливостями учасників освітнього процесу, а саме: учнів.

Контент (*content* англ.) - це вміст, інформаційне наповнення, інформаційні ресурси, змістова частина даних. Може містити текст, зображення, відео, звук та ін. [149].

Традиційним для освітнього процесу є контент: зміст підручників, опорні конспекти, плакати, карти, схеми, макети, навчальне відео, аудіозаписи. Більшість перерахованих складників освітнього контенту створювалися і продовжують створюватися в паперовому вигляді.

Значні зміни відбулися у створенні навчального відео та пошуку і відтворення аудіозаписів. Якщо раніше навчальні відеофільми створювалися на кіностудіях, аудіозаписи – в студіях аудіозаписів (записувалися і відтворювалися за допомогою магнітофонів), то у 20-х роках ХХІ ст. основним ресурсом для пошуку відео і аудіо фрагментів стала мережа Інтернет, а відео може зняти навіть

учень на мобільний телефон; це ж стосується і аудіозаписів – їх відтворити можна на, як на комп'ютері, так і на мобільному телефоні. Проте ці зміни у створенні і доступі до освітнього контенту є незначними – вони особливо не вплинули на покращення якості освітнього контенту.

Сучасний учень потребує більшої деталізації у процесі навчання: «тут і зараз». Якщо у процесі навчання в учня виникло питання – він має знати де знайти на нього відповідь. Сучасний паперовий підручник не забезпечує таку можливість – учні повинні мати додаткові ресурси і засоби для навчання.

Звернемо увагу на такі особливості освітнього контенту як візуалізація, якість якої забезпечує значну кількість відповідей на запитання. Під візуалізацією будемо розуміти унаочнення змісту навчання, створення умов для візуального спостереження за явищами, об'єктами і предметами живої і неживої природи.

Сучасні технології, а саме технології доповненої реальності, дозволяють забезпечити візуалізацію освітнього контенту в паперових підручниках з використанням мобільних додатків (планшетів) на рівнях відтворення 3D-моделей, демонстрації відеофрагментів, відтворення звукового ряду, демонстрації анімації, зокрема роботи комп'ютерних моделей [179].

Нині реалізовані чотири основні технології доповненої реальності для візуалізації освітнього контенту в освітній практиці, розглянемо детальніше.

Перша. Деталізація контенту. Ця технологія дозволяє безпосередню відтворити освітній контент. Наприклад, детальніше ознайомитися із зображенням в підручнику і відтворити його в 3D-форматі (рис. 10).

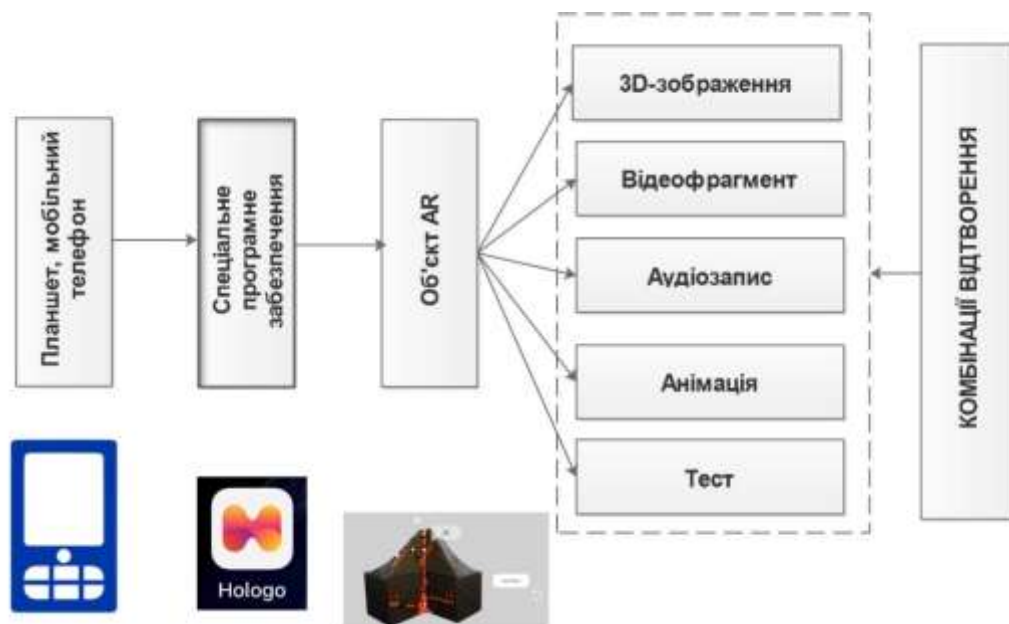


Рис. 10. Деталізація контенту з мобільного додатку

Друга. QR-код. Відтворення контенту, візуалізація якого явно відсутня. Тобто учень заздалегідь не знає, що саме буде відтворено у процесі активації коду (рис. 11).

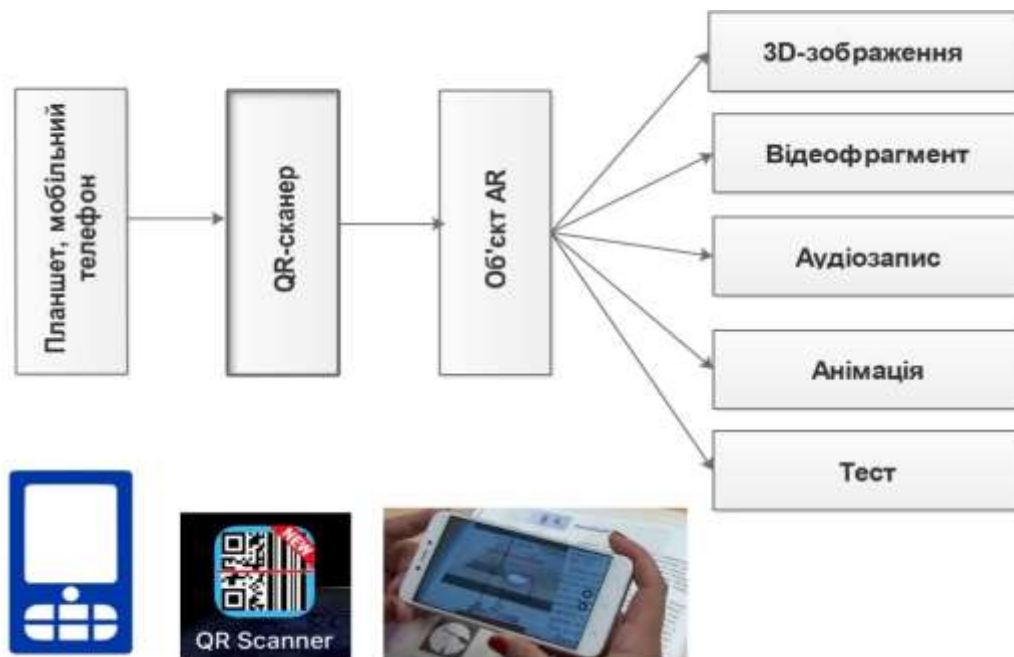


Рис. 11. Відтворення контенту за допомогою QR-кодів

Третя. Маркер. Відтворення контенту за допомогою мобільного пристрою та відеокамери. Спеціальне програмне забезпечення розпізнає зображення у відеопотоці реального часу і відтворює анімаційні тривимірні об'єкти (рис. 12).

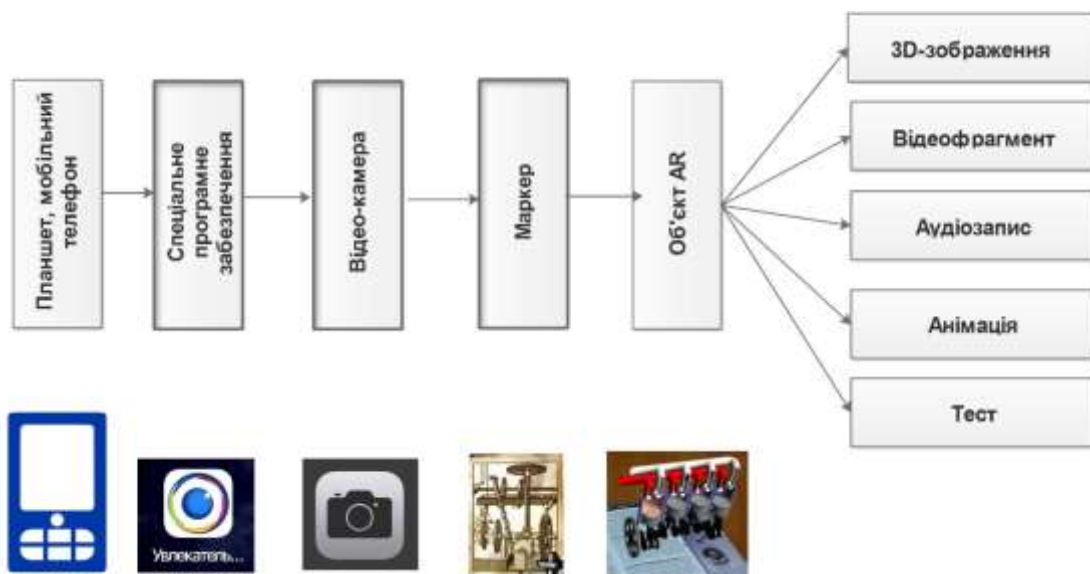


Рис. 12. Відтворення контенту за допомогою маркерів

Четверта. MERGE Cub. Візуалізація освітнього контенту здійснюється за допомогою додаткового засобу – кубу (рис. 13).

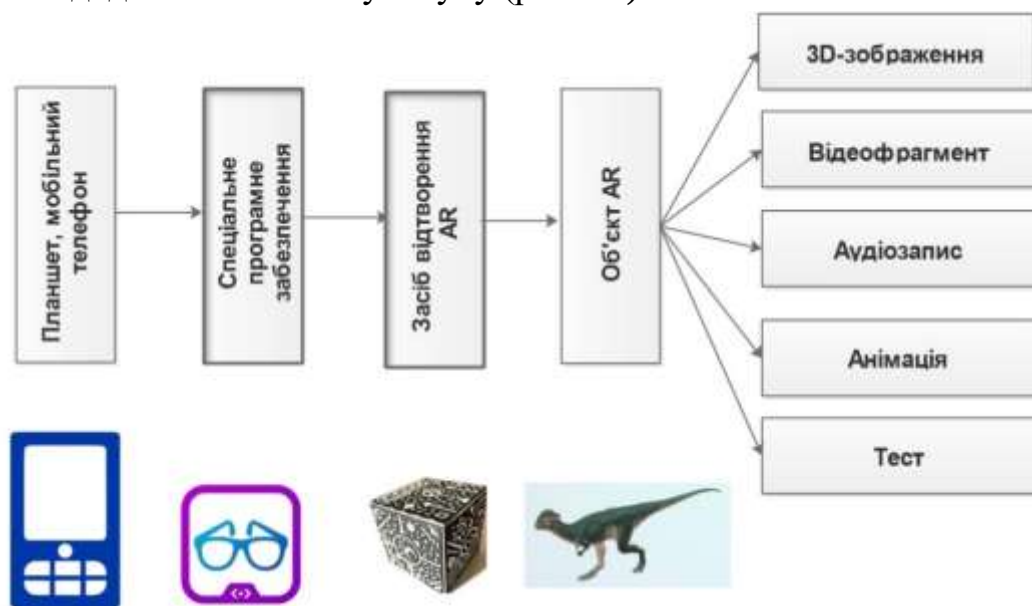


Рис. 13. Відтворення контенту за допомогою MERGE Cub

Інноваційне комп'ютерне моделювання, а саме технології AR та VR дозволяють відтворити не тільки зображення в 3D-форматі, а й запустити відеофрагмент, анімацію, аудіозапис або тест зі сторінок друкованого підручника, розширюючи можливості учнів в опануванні предметів шкільного курсу [94].

1.5. МУЛЬТИСЕНСОРНЕ НАВЧАННЯ ЯК ТЕХНОЛОГІЯ НАВЧАННЯ В СЕРЕДОВИЩАХ ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Мультисенсорне навчання □ це технологія, за якої в учнів у процесі навчання одночасно задіяно більше одного почуття. Технологія мультисенсорного навчання є однією з ефективних і використовується педагогами в усьому світі, зокрема для дітей які мають проблеми з навчанням. Використання різних комбінацій почуттів у навчанні дає можливість учню поєднати знання про предмет вивчення і краще засвоїти новий навчальний матеріал [176].

Поняття «мультисенсорний» складається з двох латинських слів: *multum* – багато, і *sensus* – сприйняття, почуття, відчуття. В процесі використання технології мультисенсорного навчання учні засвоюють базові поняття і дані, включаючи такі канали сприйняття, як слух, зір, дотик, нюх, смак, рух.

Технологія мультисенсорного навчання стимулює в учнів процес пізнання (зацікавлює, зосереджує увагу, знижує напруження), сприймаючи інформацію

різними каналами, змінюючи основні види діяльності під час уроку, вибудовуючи зв'язки між новими даними і тими, які вже отриманими, засвоїли раніше, деталізуючи інформацію про завдання, вибудовуючи логічні зв'язки для розв'язання задачі, усвідомлюючи невербальні навички; встановлюючи зв'язки між концепціями; зберігаючи інформацію в пам'яті для її подальшого використання.

Більшість педагогів використовують візуальні (зір), аудіальні (слух) та тактильні (письмо) технології [112; 137]

Візуальні – у процесі читання, перегляду картинок, таблиць, фотозображень, графіки та малюнків створених на дошці учасниками освітнього процесу (вчителем, учнями). Для стимулювання візуального сприйняття і розуміння даних необхідно:

- розміщувати текст в презентаціях, на картках, картинки переглядати на папері, постерах, плакатах, моделях, демонструвати з використанням проектора;
- використовувати кольорову гамму для виділення важливої інформації;
- виокремлювати графічно або виділяти частин тексту (рамки, шрифти);
- створювати учнями презентації, малюнки, макети, навчальне відео, відеофрагменти.

Аудіальні – під час слухання пояснення нового матеріалу, музичних творів, уривків з творів. Для стимулювання аудіального сприйняття даних необхідно:

- прослуховувати аудіо-записи тексту, читати текст парами, прослуховувати текст з комп'ютера, мобільного телефону;
- слухати аудіо-коментарі або аудіосупровід до малюнків, зображень, аудіо-інструкції до моделей;
- слухати музику, пісні, декламування віршів, скоромовки, навчальні ігри на увагу, радіо з освітніми програмами.

Тактильні – в основному письмові вправи, диктанти, запис завдань класної роботи, малювання, зображення об'єктів, створення поробок (моделей з паперу або картону) і т.д. Для стимулювання тактильного сприйняття даних необхідно здійснювати:

- заняття з піском, папером, текстильними об'єктами, малювання пальцями, пазли для розвитку моторики і мислення;
- проводити уроки з елементами моделювання та використанням конструкторів, клею, глини, пластиліну;
- використовувати дрібні частинки, природний матеріал.

З метою підвищення якості освітнього процесу, впровадження технології мультисенсорного навчання, враховуючи нагальну потребу у впровадженні

дистанційної і змішаної форми навчання необхідно використовувати сучасні інформаційні технології, зокрема:

- електронні освітні ресурси, зокрема ігрові з використанням планшетів або мобільних телефонів;
- віртуальну реальність (VR) для проведення практичних і лабораторних робіт (Наприклад, Oculus з програмним забезпеченням освітнього змісту) (рис. 14);
- доповнену реальність (AR) для організації навчальних квестів або безпосередньо навчання з використанням тематичних карток, роздаткових матеріалів, робочих зошитів (рис. 15).



Рис. 14. Використання технології VR для вивчення іноземної мови



Рис. 15. Використання технології AR на уроках фізики

Такий підхід сприятиме побудові індивідуальної траєкторії розвитку учнів, кращому запам'ятовуванню базових понять [138].

Напруження, що виникає під час помилкового розв'язання задачі або надання неправильної відповіді зникатиме, оскільки виконання завдання можна розпочати заново скільки завгодно разів і закріпити потрібні навички.

РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТЕЙ

2.1. КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО ПРОЄКТУВАННЯ ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З ДОПОВНЕНОЮ РЕАЛЬНІСТЮ

У Національній стратегії розвитку освіти в Україні на період до 2021 року зазначено, що розбудова національної системи зосереджена на розв'язанні найбільш гострих проблем, які стримують розвиток, не дають можливості забезпечити нову якість освіти, а саме: повільне здійснення гуманізації, екологізації та інформатизації системи освіти, впровадження у навчально-виховний процес інноваційних та інформаційно-комунікаційних технологій.

Актуальність обраної теми дослідження визначається методологічними й концептуальними засадами відкритої освіти й обумовлена стратегічними напрямами державної політики у сфері освіти, що стали пріоритетними, а саме: формування безпечного освітнього середовища, екологізації освіти; розвиток наукової та інноваційної діяльності в освіті, підвищення якості освіти на інноваційній основі; інформатизація освіти; забезпечення проведення національного моніторингу системи освіти; підвищення соціального статусу педагогічних працівників; створення сучасної матеріально-технічної бази системи загальної середньої освіти.

Основною метою повної загальної середньої освіти є всебічний розвиток, навчання, виховання, виявлення обдарувань, соціалізація особистості, яка здатна до життя в суспільстві, має прагнення до самовдосконалення і навчання впродовж життя, готова до свідомого життєвого вибору та самореалізації. Досягнення цієї мети забезпечується шляхом формування ключових компетентностей, необхідних кожній сучасній людині для успішної життєдіяльності, зокрема: компетентності у галузі природничих наук, техніки і технологій; інновацій; інформаційно-комунікаційна компетентність.

Нині учителі та учні закладів загальної середньої освіти володіють реальними можливостями доступу до якісної мережі Інтернет, використовують мобільні засоби зв'язку, а, отже, застосовують і нові форми взаємодії, що, безумовно, має знайти відображення в освітньому процесі. Тому пошук шляхів підвищення якості освіти, а саме: пошук нових форм і методів навчання; повсюдного використання Інтернет-ресурсів і мобільних додатків; використання новітнього цифрового контенту; розвиток ІК-компетентностей як вчителів, так і учнів, дасть можливість виокремити ефективні ІК-технології і задіяти для навчання учнів засоби доповненої і віртуальної реальності.

Використання мобільних засобів для досягнення нових освітніх результатів сприяє вирішенню завдань індивідуалізації і створенню нової моделі освітнього процесу. Питання якісного освітнього контенту і наочностей, що задовольняють потреби учня XXI ст. давно піднімається педагогами, а питання візуалізації залишається гострим і нині. Використовуючи функціональні можливості засобів доповненої реальності, можна візуально відтворити процеси, які важко або майже неможливо відтворити в реальному житті та зробити процес навчання доступним, цікавим і зрозумілим. Технології доповненої реальності додають в статичні сторінки книги виразну анімацію, перетворюючи читання в захоплюючу гру і цікаві пригоди разом з героями твору, а також спрощують відтворення аудіо- та відео- контенту, що не пропонується в паперових книгах. Найбільш якісні додатки доповненої реальності, що використовуються в процесі навчання, можуть стати найефективнішими. З цією метою до існуючих інформаційних технологій і освітніх ресурсів додається технологія доповненої реальності, що включає: підручники з технологією доповненої реальності; розвивальні ігри; навчальні програми; візуальне моделювання об'єктів і процесів; різні додатки для тренування навиків.

Зазначимо, що в закладах загальної середньої освіти України, в рамках забезпечення STEM-освіти, з'являються засоби віртуальної реальності, у підручниках, посібниках для ЗЗСО з'являються об'єкти доповненої реальності, ІТ-компанії пропонують новітні засоби навчання з елементами AR і VR. Мобільне навчання учнів, зокрема під час довготривалих карантинів, зарекомендувало себе позитивно. Однак під час проведення тематичних семінарів співробітниками Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України в 2020 році з використання AR і VR було встановлено, що 62% вчителів зазначають, що їм не вистачає науково-методичного забезпечення для формування освітнього середовища з використанням зазначених засобів, 72% акцентують увагу на відсутності методичних рекомендацій щодо їхнього використання для навчання учнів, 43% вчителів підняли питання про оновлення рекомендацій щодо упередження інтернет-залежності та безпеки.

Отже, недостатня розробленість питання використання доповненої і віртуальної реальності для візуалізації освітнього контенту не дозволяє повною мірою реалізувати на практиці потенціал освітнього середовища, виконати стратегічне завдання інформатизації освіти, ефективно вдосконалити інформаційно-ресурсне забезпечення освіти. На цей факт звертали увагу науковці Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України у процесі дослідження систем комп'ютерного моделювання пізнавальних завдань для формування компетентностей учнів з природничо-математичних

предметів і обґрунтуванні науково-методичних засад застосування комп'ютерно орієнтованих засобів у навчанні природничо-математичних предметів у профільній школі. Зазначені суперечності визначили актуальність проблеми теоретичного дослідження суттєвих методологічних аспектів використання засобів доповненої реальності в освітньому процесі, і на цій основі описати модель, а також визначити низку переваги та обмеження у процесі навчання здобувачів освіти.

У той час, коли відбувається стрімкий розвиток цифрових технологій, вимоги до освітніх результатів учнів зростають, компетентність набуває життєво важливого значення для майбутнього розвитку України, візуалізація змісту освіти в підручниках залишається на рівні малюнків і фотографій і дидактичний компонент не відображає компетентнісний підхід навчання.

Усі діти приходять до школи з вродженою цікавістю, але педагоги не можуть задовольнити їхні потреби у візуалізації змісту освіти, деталізації процесів, опису складних природних явищ і, тим самим, знижують інтерес до пізнання оточуючого світу й бажання вчитися.

На даному етапі модернізації освіти її якість визначається трьома показниками: освітнє середовище, зміст освіти, компетентний вчитель. В рамках реалізації Концепції Нової української школи здійснюється удосконалення змісту освіти. Освітнє середовище частково модернізується, зокрема в початковій школі. Учителі підвищують свою кваліфікацію і компетентність з різних наукових напрямів в рамках неформальної освіти. Проте більшість уроків сьогодні проводяться у вигляді короткої лекції або невеличкої практичної (лабораторної) роботи, що вимагає від учня простого запам'ятовування наукових фактів. У підручниках оновили малюнки і фото – кардинальних змін не відбулося. Експерти й науковці з питань освіти наполягають на впровадженні підходів, заснованих на візуалізації і когнітивних дослідженнях, що підсилять інтерес учнів і допоможе їм зберегти мотивацію до навчання. Основою для реалізації такого підходу може слугувати новітній цифровий контент, розроблений засобами віртуальної і доповненої реальності.

Значний внесок у дослідження проблеми інноваційного розвитку засобів і технологій систем відкритої освіти зроблено В.Ю. Биковим [153]. Використання технології доповненої реальності в освітньому процесі закладів вищої освіти аналізують вітчизняні дослідники Т. В. Грунтова, Ю. В. Єчкало, А. М. Стрюк, А.Пікільнік [168] і констатують, що впровадження таких технологій в освіту підвищує її ефективність, сприяє розвитку пізнавальної активності, підвищує якість засвоєння знань, провокує інтерес до навчання, сприяє розвитку дослідницьких навичок та предметних компетентностей учнів. О. В. Мерзликін, І. Ю. Тополова, В. Тронь [182] уточнюють, що саме використання новітніх

технологій необхідно для ефективного навчання сучасних учнів, які мають конкретні освітні потреби, а саме: використання мобільних додатків, організацію спільної роботи, виконання інтерактивних завдань і візуалізацію контенту.

В. Є. Климнюк виявила основні напрямки впливу віртуальної реальності на методологію освіти, що може призвести до розширення видів навчальної діяльності, вдосконалення існуючих і виникненню нових організаційних форм, видів і методів навчання, вдосконаленню взаємодії студентів і освітнього простору [172].

І. С. Мінтій, В. М. Соловійов, стверджують, що серед проблем, які виникають із впровадженням доповненої й віртуальної реальностей в освіту, перш за все, є дефіцит фахівців з підготовки освітніх проектів та неузгоджені дії бізнесу та освіти в цьому напрямі [184].

П. П. Нечипуренко, Т. В. Старова, Т. В. Селіванова, А. О. Томіліна встановили, що існує значний попит на хімічну освіту з використанням засобів доповненої реальності, доступною через мобільні пристрої. Вони зауважують, що виникає необхідність розроблення відповідних інструментів для підтримки хімічної освіти у школах та університетах. Актуальними у цьому напрямі є розробка методичних рекомендацій щодо виконання лабораторних робіт, підручників, науково-популярної літератури з хімії з використанням технологій доповненої реальності та створення симуляторів для роботи з хімічним обладнанням [186].

Н. В. Рашевська, наголошує на позитивному ефекті використання засобів доповненої реальності під час навчання фундаментальних предметів [190].

М. Ф. Шмиголь, Ю. С. Юшкевич окреслено механізми впливу віртуальної реальності на світогляд людини. Доведено, що причиною віртуалізації сучасного інформаційного суспільства виступає об'єктивна потреба в переході інформаційних технологій на якісно новий рівень, що сприяв би розвитку іманентної потреби людини в творчості, в створенні нової реальності [198].

Питання формування освітнього середовища закладу загальної середньої освіти з використанням віртуальної і доповненої реальності ученими тільки розпочато й досліджено не повною мірою. Сучасні учні вже повсюдно використовують хмарні технології (для цілодобового доступу, індивідуальної і групової роботи), доповнену реальність (для створення міцних зв'язків між реальними і віртуальними об'єктами) і елементи гейміфікації. Використання цих технологій в комплексі забезпечить розвиток ключових компетентностей учнів в умовах інформаційно-освітнього середовища закладу освіти. Доповнену й віртуальну реальність як гейміфікацію когнітивних задач досліджують О. П. Пінчук, О. Ю. Буров, В. А. Ткаченко [113]. Автори аналізують можливості використання цих засобів в освітніх цілях, зокрема, для розроблення

пізнавальних завдань у процесі вивчення предметів природничо-математичного циклу, звертають увагу на особливості використання апаратних засобів, умов використання, інтерактивності і міждисциплінарності таких об'єктів. Вони обґрунтовують доцільність використання інтерактивних моделей і відео під час групової та індивідуальної роботи.

О. М. Соколюк зазначає, що нині проблемою є відсутність єдиної методології: технології доповненої реальності розвиваються настільки стрімко, що дослідження в сфері освіти та педагогіки просто не встигають надати теоретичне осмислення або розробити системну методологію. На даному етапі вимагає вирішення питання інтеграції додатків в зміст освіти й організація освітньої діяльності [192].

Активно ведуть пошуки в цьому напрямі зарубіжні вчені. Так феномен, сучасний стан, можливості та проблеми використання засобів доповненої і віртуальної реальностей в освітньому процесі вивчають Wu H. K., Hsin-Kai Wu, Silvia Wen-Yu Lee, Hsin-Yi Chang, Jyh-Chong Liang. [61].

Питання проектування платформи доповненої реальності для моделювання навколишнього середовища досліджують Eric Klopfer, Kurt Squire [78].

Наукові огляди щодо розвитку віртуальної і доповненої реальностей виконано S.Yuen , G.Yaouneyong, E. Johnson [147]. Аспект навчання учнів з використання AR розкрито в роботах Lee K. [88].

Комунікативний аспекти використання засобів віртуальної і доповненої реальностей досліджено авторами Yun Zhu, Hui Ye, Shukun Tang [148].

Нині піднімають питання щодо оцінювання якості навчального матеріалу з доповненою реальністю учені S. Giasiranis і L. Sofos [51].

Martin-Gutierrez J., Guinters E., Perez-Lopez D. зазначають, що доповнена реальність може бути використана для спільної роботи студентів. Особливої актуальності це набуває у процесі виконання лабораторних і практичних робіт із небезпечним обладнанням, що вимагає постійного контролю з боку педагога. Використовуючи маркери, студенти зможуть за допомогою планшета або мобільного телефона візуалізувати інструкції або навчальні матеріали, необхідні для правильного використання та налаштування обладнання [98] (рис. 16).

Cieutat J.-M., Olivier Hugues, Nehla Ghouaiel, розглядаючи застосування доповненої реальності для активізації навчання, виділяють основні напрями її використання:

- підтримка наукових досліджень та експериментального підходу;
- перевірка моделі на адекватність;
- середовища моделювання, у яких поєднуються можливості викладання, навчання, комунікації з ігровими елементами;
- набуття технологічних навичок [35].



Рис. 16. Приклад налагодження обладнання з використанням AR⁶

З огляду на динамічний розвиток штучного інтелекту, інформаційно-когнітивних технологій, мобільних додатків, різноманітність і новизну педагогічних підходів, методів використання засобів віртуальної і доповненої реальностей в закладах освіти, ці питання ще потребують додаткових досліджень, уточнення підходів, моделей й методик використання, можливих шляхів упровадження, зокрема в закладах загальної середньої освіти України.

Дослідження вітчизняних і закордонних учених показали, що новітні технології для розроблення освітнього контенту мають величезний потенціал для підвищення ефективності навчання здобувачів освіти. З його допомогою можна забезпечити як індивідуальну, так і групову роботу; створити умови для розкриття творчого потенціалу і можливостей кожного учня, підтримувати навчання учнів з особливими потребами, а повсюдний доступ до освітнього контенту забезпечить як підтримку безперервного процесу навчання, так і підтримку допитливості учнів, що підвищить інтерес як до конкретного навчального предмету, так до освіти в цілому.

Список варіантів застосування AR в суспільстві постійно зростає (<https://learn.g2.com/augmented-reality-examples>), а саме: фільми, ігри, пряме (потокowe) транслявання подій, навчання і тренування, роздрібна торгівля та їжа, архітектура та нерухомість, прототипи продуктів та виробництво, створення політики, здоров'язбереження, туризм та ін. (рис. 17)

⁶ URL: <https://lookinar.com/promyslovist>



Рис. 17. Галузі застосування імерсивних технологій

Аналізуючи галузі застосування, однією з ключових визначено освіту. Розглянемо модель використання AR в освітньому процесі, що представлена на рис. 18. Основними складовими моделі використання AR є: техніко-технологійчна, освітньо-наукова, формувально-розвивальна та якість навчання.

Для використання AR в освітньому процесі необхідно мати чотири основні складники: технічні засоби, засоби відтворення, операційну систему та програмне забезпечення.

Технічні засоби: (планшети, мобільні телефони). Зауважимо, що ноутбуки, комп'ютери доцільно використовувати для створення AR, тому, що у процесі використання за допомогою цих пристроїв неможливо забезпечити кут нахилу (повороту) об'єктів та одночасне керування об'єктом.

Засоби відтворення. Нині набули широкого поширення два типи: QR-код та зображення. В освітньому процесі набули позитивного досвіду картки із зображенням об'єктів живої та неживої природи.

Операційні системи. Додатки AR підтримують такі операційні системи як Android та iOS.

Програмне забезпечення. Завантаження спеціального програмного забезпечення для відтворення AR здійснюється за допомогою маркету/магазину додатків Google Play та App Store (наприклад, програмне забезпечення для зчитування QR-коду або для відтворення зображень Space 4D+).

Аналізуючи освітньо-наукову складову ми з'ясували, що:

- об'єкти AR можна розмішувати як у друкованих підручниках, робочих зошитах, так і на блогах, тематичних сайтах, це можуть бути роздруковані картки для візуального підтримування навчання;
- вдалими рішеннями реалізації освітньої наочності за допомогою AR є відео фрагменти, аудіо записи, 2D і 3D моделі, тести (без відкритих відповідей);
- навчальна діяльність має бути організована відповідно до мети й завдань лекції/практичної роботи. Якщо об'єкт AR використовується для пояснення нового матеріалу, бажано врахувати час на самостійне ознайомлення студентів з моделлю або надати час для перегляду фрагмента відео тощо;
- універсальність об'єктів AR проявляється в реалізації форм навчання як під час групової роботи, так і в процесі виконання індивідуальних завдань. Науково-методичне забезпечення освітнього процесу включає як методичні матеріали, так і інструкції для студентів;
- у процесі роботи з об'єктами AR з використанням гаджетів (мобільних телефонів, планшетів) спостерігається більша зосередженість «зануреність» студентів на процесі навчання, виконанні завдання та досягненні освітнього результату. Зазначимо, що у процесі цільового (тематичного та професійного спрямування) використання об'єктів AR дає можливість сформувати професійну та цифрову компетентність.

Систематичне використання AR в освітньому процесі дасть можливість підвищенні її якості, зокрема сприйняття та запам'ятовування навчального матеріалу. Це обумовлено задіяванням одночасно таких органів відчуття, як зір, слух, дотик та позитивним ставленням до інноваційних процесів.

2.2. КЛАСИФІКАЦІЙНІ ОЗНАКИ ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ

У сучасному інформаційному суспільстві використання віртуальних середовищ стає необхідною складовою для підвищення ефективності освіти. Зростання зацікавленості у використанні технологій віртуальної реальності (VR) визначає необхідність розуміння їхнього класифікаційного аспекту. Розділ «Класифікаційні ознаки віртуальних середовищ» має на меті проаналізувати та систематизувати ключові характеристики цих інноваційних технологій, розкриваючи основні аспекти їх функціональності та застосування.

У цьому розділі ми розглянемо різні класифікаційні ознаки, що дозволять визначити основні властивості віртуальних середовищ. Визначення категорій, таких як тип віртуальної реальності, ступінь імерсії, масштабність та взаємодія, допоможе розкрити велику палітру можливостей, які ці технології пропонують. Здійснення класифікації є ключовим етапом в розумінні специфіки віртуальних

середовищ, відкриваючи простір для розробки ефективних стратегій їх впровадження у галузь освіти. Дослідники ставять за мету врахувати і розкрити основні класифікаційні аспекти VR, надаючи читачеві обґрунтовану базу для подальших досліджень та практичного використання в цій динамічній галузі.

Отже, на думку дослідників віртуальні середовища містять такі класифікаційні ознаки (рис. 19):

- рівень імерсії (наскільки виконана інтеграція віртуального вмісту з фізичним середовищем);
- технічні можливості (наявність пристроїв, їх достатня кількість та які їх технічні характеристики);
- рівень взаємодії (як часто мають можливість взаємодіяти між собою користувачі, чи можуть об'єднуватись в групи, які наявні засоби взаємодії);
- ціль використання (в рамках навчального процесу, для індивідуалізації навчання, для заповнення прогалин з навчальних дисциплін, самонавчання);
- віртуальні можливості (які наявні програмні та апаратні можливості для використання в навчальних цілях);
- технічна підтримка (як часто надається, в якому обсязі, чи відбувається технічна підтримка на регулярній основі, чи надається своєчасно технічна підтримка);
- призначення (для навчання, для дозвілля, для саморозвитку, в професійних цілях).

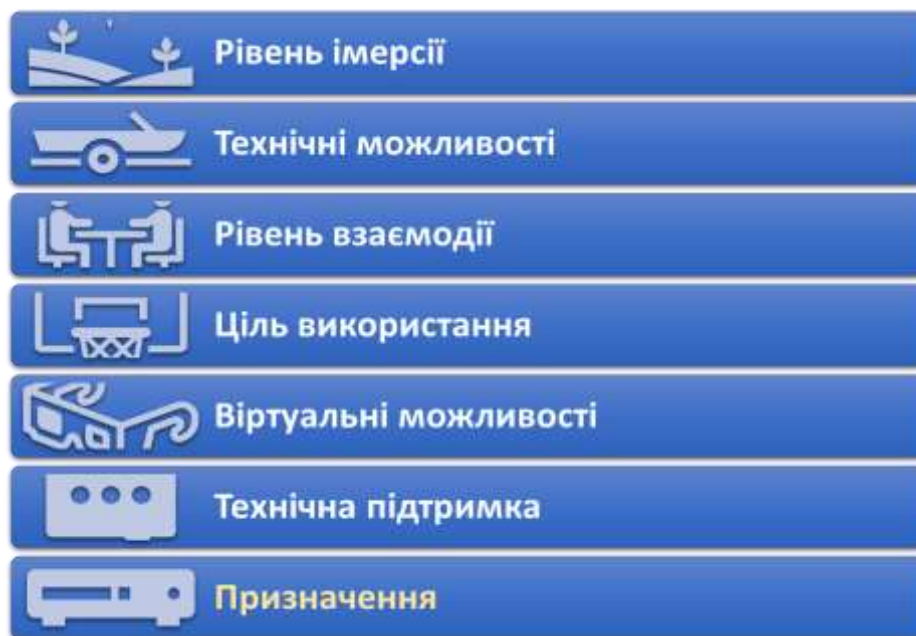


Рис. 19. Класифікаційні ознаки віртуальних середовищ навчання

Класифікація за рівнем імерсії: інтерактивні 360-градусні зображення (часткове занурення), повноімерсивні VR-середовища (своєрідні повноцінні віртуальні світи та середовища).

- Інтерактивні 360-градусні зображення. Статичні віртуальні зображення, які дозволяють користувачам переглядати об'єкти навколо себе на 360 градусів.
- Повноімерсивні VR-середовища. Повноцінні віртуальні світи, які занурюють користувачів у цілком імерсивний досвід з високим рівнем взаємодії та реалізму.

Класифікація за технічними можливостями: прості 3D-моделі (стандартні віртуальні середовища, об'єкти) та повномасштабні VR-світи (віртуальні світи з реалістичною графікою та повним набором різноманітних функцій).

- Прості 3D-моделі. Базові віртуальні об'єкти та середовища з обмеженими функціональними можливостями.
- Повномасштабні VR-світи. Технологічно складні віртуальні світи з фотореалістичною графікою та великим спектром інтерактивних можливостей.

Класифікація за рівнем взаємодії: обмежений контроль (набір стандартних функцій та можливостей) та повноцінна взаємодія (повноцінна взаємодія між об'єктами та персонажами).

- Обмежений контроль. Базові взаємодійні можливості, які обмежені до декількох простих дій в середовищі.
- Повноцінна взаємодія. Розширені можливості взаємодії з об'єктами та персонажами у віртуальному середовищі.

Класифікація за цілями використання поділяється на: освітні цілі (орієнтація віртуального простору на освіту), розважальні (середовища розважального характеру) та комерційні (рекламування товарів та послуг, сервісів).

- Освітні цілі. Середовища, спрямовані на навчання та освіту у віртуальній реальності.
- Розважальні цілі. Середовища, призначені для розваг та віртуального розважального досвіду.
- Комерційні цілі. Віртуальні середовища, що використовуються для просування товарів та послуг.

За віртуальними можливостями можна класифікувати за: симуляцією (відтворення реальних сценаріїв) та створенням власного вмісту (створення в середовищі персональні об'єкти та сценарії).

- Симуляції. Середовища, які надають можливість симуляції реальних сценаріїв та ситуацій.

- Створення власного вмісту. Віртуальні середовища, які дозволяють користувачам створювати власний вміст та об'єкти у віртуальному просторі.

Класифікувати можна за технічною підтримкою: прості VR-пристрої (пристрої з обмеженими можливостями), високотехнологічні VR-системи (спеціалізоване обладнання, що дозволяє більш глибоко поринути у віртуальне середовище).

- Прості VR-пристрої Базові VR-пристрої з обмеженими технічними можливостями та обладнанням.
- Високотехнологічні VR-системи Високотехнологічні системи віртуальної реальності зі спеціалізованим обладнанням та функціоналом.

За призначенням віртуальні середовища класифікують можна класифікувати за такими ознаками: середовище для ігор, середовище для навчання, середовище для конференцій, середовище для відпрацювання навичок, креативна студія, середовище для медитації, віртуальний музей, торговельний простір, середовище віртуальної архітектури, середовище-лабораторії, середовище симуляції реальних ситуацій, середовище віртуальних експериментів, середовище віртуальної реабілітації, середовище віртуальних екскурсій, середовище подорожей, спортивне середовище та середовище квестів (табл. 2).

Таблиця 2.

Класифікація віртуальних середовищ за ознакою «призначення»

№	Види	№	Види
1	Середовище для ігор	10	Середовище-лабораторії
2	Середовище для навчання	11	Середовище симуляції реальних ситуацій
3	Середовище для конференцій	12	Середовище віртуальних експериментів
4	Середовище для відпрацювання навичок	13	Середовище віртуальної реабілітації
5	Креативна студія	14	Середовище віртуальних екскурсій
6	Середовище для медитації	15	Середовище подорожей
7	Віртуальний музей	16	Спортивне середовище
8	Торговельний простір	17	Середовище квестів
9	Середовище віртуальної архітектури		

Детальний опис віртуальних середовищ за класифікаційною ознакою «за призначенням» наведено в табл. 3 та здійснено добір засобів, що відповідає даному опису, додатково зазначені окремі функції, як переваги в порівнянні з іншими видами віртуальних середовищ.

Загальна класифікація віртуальних середовищ

Назва	Опис	Засоби реалізації	Додатково
Кімната для ігор	Середовище для розважальних та навчальних ігор у VR форматі.	Beat Saber, Half-Life: Alyx, The Walking Dead: Saints & Sinners	Оптимізовано під VR пристрої
Кімната навчання	Віртуальне середовище для навчання та тренувань.	Google Expeditions, Engage, Alchemy VR	Можливості співпраці та обміну
Кімната конференцій	Віртуальне простір для проведення зустрічей та конференцій.	Spatial, Mozilla Hubs, Microsoft Mesh	Інтеграція з відеозв'язком
Тренувальна кімната	Симуляційне середовище для тренувань та підготовки фахівців.	Flight Simulator, SimX, Osso VR	Зворотний зв'язок та оцінювання
Креативна студія	Простір для створення та редагування віртуального контенту.	Tilt Brush, Quill, Gravity Sketch	Інтеграція з додатковими інструментами
Кімната медитації	Віртуальне середовище для практики медитації та релаксації.	TRIPP, FlowVR, Guided Meditation VR	Біометричні дані та аналітика
Віртуальний музей	Середовище для віртуальних музейних експозицій та турів.	The VR Museum of Fine Art, British Museum VR, Anne Frank House VR	Інтерактивні експонати та аудіогіди
Торговельний простір	Віртуальний магазин для покупок та торгівлі.	Shopify AR, MasterpieceVR, VR Commerce	3D моделі продуктів та демонстрація
Кімната подорожей	Віртуальні туристичні маршрути та подорожі по світу.	Google Earth VR, Wander, The Grand Canyon VR Experience	Розширена реальність та навігація
Спортивна кімната	Віртуальний простір для тренувань, фітнесу та спортивних ігор.	Supernatural, BOXVR, Sparc	Моніторинг фізичних показників та досягнень
Кімната квестів	Середовище для розв'язання логічних завдань та головоломок у VR.	The Room VR, Moss, I Expect You To Die	Інтерактивні складні завдання

Назва	Опис	Засоби реалізації	Додатково
Кімната лабораторії	Віртуальний простір для проведення досліджень та експериментів.	Labster, Titans of Space, Virtual Chemistry Lab	Моделювання наукових явищ
Кімната симуляції реальних ситуацій	Віртуальне середовище для моделювання реальних ситуацій та подій.	Virtual Emergency, Virtual Reality Fire Safety, Virtual Earthquake Lab	Тренування реагування на небезпеку
Кімната віртуальних експериментів	Середовище для проведення віртуальних експериментів у наукових дисциплінах.	VR Physics Lab, Chemistry VR, BioLab VR	Можливість віртуальних дослідів
Кімната віртуальної реабілітації	Віртуальний простір для проведення реабілітаційних сеансів.	VirtualSpeech Therapy, Virtual Rehabilitation Environment, VRPhysio	Інтерактивні вправи та тренування
Кімната віртуального екскурсування	Середовище для віртуальних турів та подорожей.	Titanic VR, Everest VR, Explore Egypt VR	Можливість дослідження культурних пам'яток
Кімната віртуальної архітектури	Середовище для віртуального проектування та моделювання архітектурних споруд.	InsiteVR, Unreal Engine, Autodesk Revit	Можливості віртуального проектування

2.3. ПЕДАГОГІЧНІ УМОВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ AR/VR

Технологічний стрибок у розробленні інноваційного контенту для закладів загальної середньої освіти (ЗЗСО) був зроблений саме в період широкомасштабної пандемії COVID-19, коли учні опинилися в ситуації інтенсивного самостійного опрацювання навчального матеріалу з різних предметів. Саме у цей переломний період було взято курс на розроблення додаткових цифрових ресурсів які б забезпечили візуалізацію освітнього змісту.

Видавці друкованих підручників усвідомили, що його (підручника) наявність в учня не гарантує самостійного отримання знань – учню потрібна допомога ззовні, зокрема вчителя, репетитора. Цей аспект підіймає проблему якості змісту підручників та викладу навчального матеріалу, крім того, статичні зображення не дають уявлення про процеси, коротко описані в тексті або

представлені зображеннями (малюнками). У підручниках – не вистачає мультимедійної візуалізації.

З розвитком хмарних обчислень [177], програмного забезпечення з'явилася можливість не тільки забезпечити повсюдний доступ до інтерактивного контенту, інтегрувати його на сторінки підручника, а й створити синтетичні освітні середовища [188], що мають властивості імерсивності та дають можливість зануритися у вивчення тієї чи іншої теми та забезпечити створення індивідуальної траєкторії розвитку учня.

Такі синтетичні освітні середовища підтримуються технологією віртуальної реальності (VR). На сучасному етапі найпростіше можна реалізувати елементи віртуальної реальності [172]. Не дивлячись на те, що технологія не нова, впровадження її в систему загальної середньої освіти стало можливим зі створення STEM-центрів та затвердженням модельних навчальних програм, зокрема міжгалузевих інтегрованих курсів

Першою педагогічною умовою ефективного застосування AR в освітньому процесі визначимо створення цифрового освітнього середовища, спрямованого на забезпечення активізації пізнавальної діяльності здобувачів освіти із застосуванням інтерактивних форм і методів навчання та з використанням додаткового комп'ютерного обладнання (планшетів, мобільних телефонів, точок доступу до мережі Інтернет, Wi-Fi).

Друга умова. Забезпечення освітнім AR контентом для підтримування процесу навчання з використанням різних типів гаджетів.

Третя умова. Врахування психолого-педагогічних особливостей здобувачів освіти та їхніх здібностей щодо опанування новітніх технологій (організації підтримки).

Четверта умова. Науково-методичне забезпечення освітнього процесу для здійснення процесу навчання з використанням AR.

П'ята умова. Підготовка учасників освітнього процесу до використання AR під час різних видів освітньої діяльності (лекції, практичні, лабораторні, проекти тощо).

Шоста умова. Врахування індивідуальних психофізіологічних особливостей здобувача освіти.

Аналізуючи досвід вітчизняних та закордонних колеги, представлений в аналізі наукових джерел, виокремимо

До переваг використання AR в освітньому процесі можна віднести:

- візуалізація освітнього контенту, що доповнює зміст навчальних матеріалів і дозволяє деталізувати будь-які природні процеси, явища або об'єкти;

- формування безпечного середовища для проведення практичних і лабораторних робіт, які в реальному житті здійснити неможливо;
- організація необмеженого доступу до AR-об'єктів, що дозволяє повторювати експерименти безліч разів і сприяти напрацюванню навичок;
- побудова індивідуальної траєкторії розвитку, що дозволяє врахувати вроджені здібності учнів та учнів з особливими потребами;
- використання технології BYOD (англ. Bring Your Own Device), що забезпечує як індивідуальний підхід у навчанні, так і засобами навчання;
- реалізація діяльнісного підходу, як основи розвитку ключових компетентностей і наскрізних умінь здобувачів освіти, застосування теоретичних знань на практиці;
- забезпечення wow-ефекту (здивування, захоплення) з метою активізації навчальної діяльності здобувачів освіти.
- занурення учня у віртуальний досвід або місце розташування, а захоплюючий урок зберігається набагато швидше в часі з більш впливовою тривалою пам'яттю. Якщо звичайні методи забезпечують коефіцієнт збереження інформації 5-10%, а метод викладання із застосуванням ВР досягає 75% рівня утримання [25].
- набуття AR/VR/XR компетентностей, необхідних у багатьох професіях вже сьогодні

Також на думку науковців об'єкти доповненої реальності ефективно використовуються як інструменти візуалізації освітнього контенту [175] використання в урочний і позаурочний час доповненої реальності як складника освітнього контенту:

- мотивує сучасних учнів – це ігровий контент;
- розвиває просторове уявлення, перетворюючи звичайне 2D зображення на реалістичні об'єкти; 3
- сприяє робить? технологічний розвиток платформ AR доступними для задоволення освітніх потреб;
- розширює призначення звичайного підручника інноваційним освітнім контентом.

Крім того, за допомоги освітнього контенту, створеного засобами доповненої реальності можна:

- розвивати увагу – учні більш зосереджені, якщо завдання виконується особисто, на власному гаджеті, у власному темпі;
- підвищувати ефективність запам'ятовування – візуалізація процесів сприяє підвищенню ефективності навчання;

- активувати всі органи почуттів – мультисенсорне навчання (слуху, зір, тактильність) для підвищення якості індивідуалізованого навчання;
- підвищувати ефективність сприйняття, розуміння – допомагає дітям поліпшити якість навчання;
- розвивати моторику – реалізація діяльнісного підходу;
- стимулювати мислення □ допомагає дітям набути необхідних навичок 21 століття.

До особливостей використання AR/VR в освітньому процесі можна віднести:

- мультиплатформенності AR-об'єктів. Нині AR-об'єкти можна завантажити за допомогою Google Play (для гаджетів з програмним забезпеченням Android, важливим залишається його версія) та App Store (для iPhone й iPad). Така ситуація вимагатиме від учителя пошуку таких AR-об'єктів, які б були реалізованими у двох системах, що зменшує їх кількість для використання;
- підручників і навчальної літератури для здобувачів освіти з вбудованими AR-об'єктами, що відповідають конкретним темам уроків. Як зазначають дослідники, в мережі Інтернет існує значна кількість AR-об'єктів, але вони не інтегровані в освітній процес;
- компетентного вчителя, здатного використати AR-об'єкти для викладання свого предмету, постає проблема підвищення кваліфікації з питань AR/VR;
- точок доступу до мережі Інтернет і Wi-Fi в кабінетах закладів освіти, залишаються проблеми з якістю Інтернет-послуг;
- навчально-методичного забезпечення для роботи вчителя;
- недостатністю наукового розроблення питання психофізіологічної цінності навчальної діяльності з AR/VR-об'єктами;
- якісного освітнього україномовного контенту;
- єдиного освітнього додатка з AR-об'єктами.

Нині необхідно встановлювати значну кількість додатків на телефоні, що потребує значного обсягу пам'яті та може бути проблемою як для усіх учасників освітнього процесу (рис. 20)

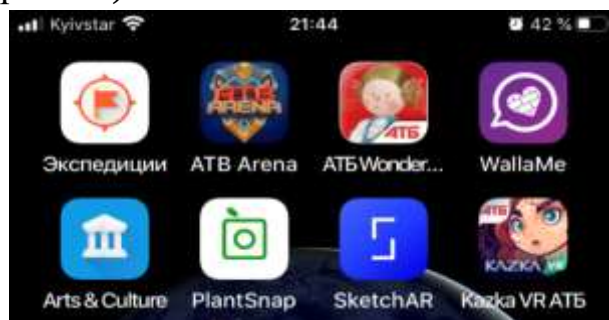


Рис. 20. Встановлені додатки на мобільному телефоні

Деталізуємо *особливості впровадження VR-контенту* в освітню практику закладів загальної середньої освіти (рис. 21).

Особливість 1. Наявність спеціального комп'ютерного обладнання.

Для використання VR-контенту в закладах загальної середньої освіти необхідно мати окуляри доповненої реальності. Вартість якісного обладнання сягає 10 тис. грн. за одиницю, тому кількість такого обладнання в закладі загальної середньої освіти може бути незначною. Нині тенденція така, що кількість окулярів на клас не перевищує 15 одиниць. Їх забезпечення відбувається по одній одиниці на групу учнів у кількості 5-6 осіб, або по одній одиниці на парту (робочий стіл).



Рис. 21. Особливості впровадження VR-контенту в освітню практику ЗЗСО

Особливість 2. Складність процедури налаштування окулярів VR.

Налаштування окулярів VR потребує значної кількості часу для активації облікового запису та встановлення програмного забезпечення, що потребує формування банку паролів для учнів. Автентифікація користувача багатоступенева і потребує наявності електронної скриньки (реєстрації в соціальній мережі Facebook, підтримування поточної геолокації), що ускладнює процедуру для учнів. Крім того, є необхідність використовувати власні гаджети для встановлення мобільного додатка. На цьому етапі виникає проблема використання мобільних телефонів з різними операційними системами (Android та iOS), що потребує додаткової уваги під час використання: дещо інший дизайн, кнопки основного функціонала можуть мати інше розташування та ін.

Особливість 3. Відсутність науково-методичного забезпечення використання VR-контенту в освітній практиці.

Технологічний крок ІТ-компаніями вже зроблено, проте ще й досі відсутні методичні рекомендації з використання VR-окулярів та освітнього контенту, відсутні робочі зошити, аркуші та інструкції як для вчителя, так і для учнів.

Особливість 4. Необхідність додаткового навчання вчителів та учнів використанню окулярів VR.

В модельних навчальних програмах не закладено жодної години для опанування учнями нових технологій. Така процедура виконується вчителем у вільний час. Тому першими опановують новітні технології вчителі-новатори. Для широкомасштабного впровадження необхідно проводити: вебінари, тренінги, семінари-практикуми.

Особливість 5. Наявність call-центру.

У процесі використання інноваційного обладнання може виникати низка запитань щодо створення або оновлення облікових записів, проблем з налаштуванням обладнання та ін. Для цього ІТ-компаніям необхідно забезпечити зворотний зв'язок для отримання рекомендацій чи консультацій.

Особливість 6. Створення тематичної педагогічної спільноти.

Вдалим рішенням для підтримування позитивного ставлення вчителів до новітніх технологій є створення тематичних педагогічних спільнот в соціальних мережах. Технологія «від педагога до педагога», надання допомоги колег-практиків підтверджено своєю дієвістю.

З метою отримання позитивного результату в процесі впровадження VR-технології в освітню практику ЗЗСО, бажано враховувати зазначені особливості та здійснювати ґрунтовну підготовку. Подальшого дослідження потребує визначення ставлення учнів до освітнього контенту, створеного за технологією VR.

2.4. МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО НАВЧАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ AR/VR

Цифрове навчальне середовище, засноване на технологіях доповненої та віртуальної реальності, є інноваційною моделлю, яка трансформує традиційний підхід до освіти. Ця модель створює невидимий міст між реальністю та віртуальним світом, розширюючи можливості навчання та створюючи глибокий імерсивний досвід для учнів (рис. 22).

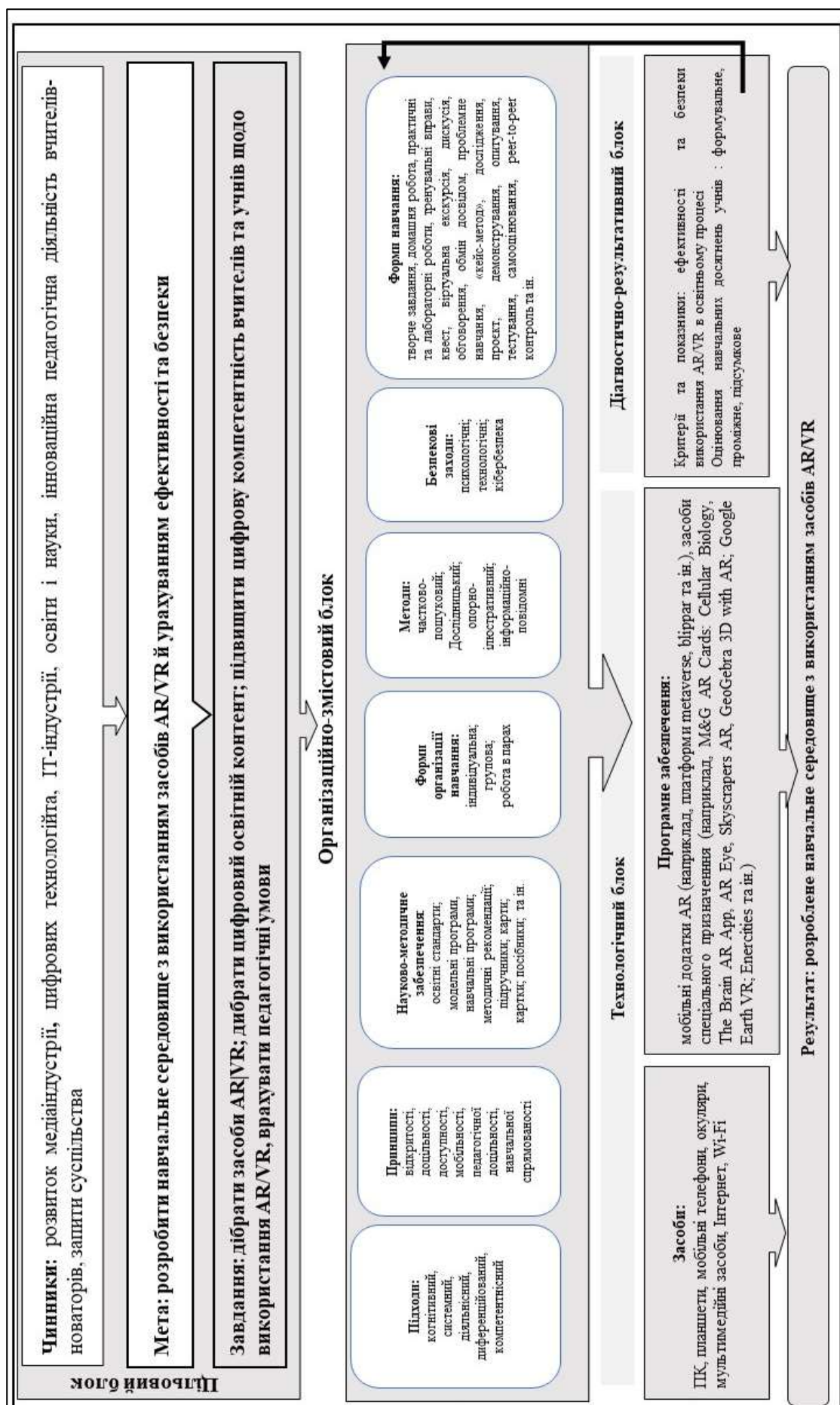


Рис. 22. Проектування освітнього середовища з використанням доповненої реальності

Однією з ключових особливостей цієї моделі є використання технології розширеної реальності (AR), яка дозволяє взаємодіяти з реальним оточенням, доповнюючи його віртуальними об'єктами та інформацією. Учні можуть спостерігати за реальними явищами та експериментами, де віртуальні дані інтегруються з реальним світом, забезпечуючи неперевершену можливість навчання в контексті.

Крім того, використання віртуальної реальності (VR) дозволяє створити імерсивне навчальне середовище, де учні можуть відчувати себе частиною віртуального світу. Це надає можливість вивчати складні концепції та сценарії, які були б важко досягти в традиційному навчальному середовищі.

Модель цифрового навчального середовища з використанням AR/VR ставить перед собою завдання створення інтерактивних, адаптивних та інтелектуальних засобів навчання.

Вона не тільки перетворює навчання, але й створює новий підхід до освіти, де технології AR/VR є ключовими каталізаторами для стимулювання інтересу, креативності та розвитку критичного мислення учнів.

Модель цифрового навчального середовища з використанням засобів доповненої і віртуальної реальностей була нами розроблена з урахуванням функціональної моделі, ефективності та безпеки. Вона включає в себе п'ять блоків: цільовий, змістовий, організаційно-змістовий, технологічний та діагностично-результативний.

Чинники: розвиток медіаіндустрії, цифрових технологій та, IT-індустрії, освіти і науки, інноваційна педагогічна діяльність вчителів-новаторів, запити суспільства

Мета: підвищити якість навчального середовища з використанням засобів AR/VR й урахуванням безпеки.

Цільовий блок охоплює такі елементи:

- основні чинники, що впливають на впровадження VR та AR в освітній процес, а саме, розвиток освіти і науки, запити педагогів та педагогічна діяльність вчителів-новаторів, запити суспільства, розвиток цифрових технологій та IT-індустрії [28].

- Завдання: надати вчителям теоретичні знання з питань використання засобів доповненої та віртуальної реальностей для створення та підтримки освітнього середовища ЗЗО, що буде ефективно впливати на розвиток ключових компетентностей учнів; підвищити уміння та навички вчителів щодо використання засобів доповненої та віртуальної реальностей для позитивних результатів навчального процесу; підвищення цифрової компетентності вчителів; створення умов для розвитку освітнього середовища ЗЗО; створення технологічної бази для забезпечення навчальної діяльності учнів та викладацької активності вчителів із використанням віртуальної та доповненої реальностей. До

основних завдань належать також: добір засобів AR|VR; добір цифрового освітнього контенту; врахування принципів, підходів, педагогічних умов та прийомів.

Організаційно-змістовий блок охоплює такі елементи:

– підходи: компетентнісний, що охоплює такі завдання, як забезпечення формування ключових компетентностей учнів, вмінь і навичок виконувати завдання для здійснення досліджень та отримання результатів науково-навчальних проєктів; сприяння розвитку цифрової компетентності вчителів, сприяння формуванню дослідницької компетентності учнів та розвитку цієї компетентності у вчителів; когнітивний підхід, що означає виявлення причин та пошук шляхів розв'язування навчальних проблем, що слугують стимулом у процесі розумового розвитку учня з використанням VR та AR; системний підхід, який орієнтує на визначення навчання з використанням VR та AR як цілеспрямованої діяльності суб'єктів, та вимагає розгляду зв'язків між метою, завданнями, змістом, формами, методами навчання у взаємодії компонентів педагогічного процесу, що дозволяє виявляти якісні характеристики та загальні системні властивості; діяльнісний підхід, який спрямовано на організацію діяльності суб'єкта з використанням засобів VR та AR з метою активізації пізнавальної діяльності та саморозвитку; диференційований підхід, що полягає у забезпеченні прав обдарованих дітей та дітей з різними функціональними обмеженнями на отримання доступу до якісних освітніх послуг; особистісно орієнтований підхід, який вимагає визнання унікальності особистості, що передбачає опору на природний процес розвитку здібностей, самовизначення, самореалізацію, самоутвердження, створення для цього відповідних умов; інноваційний підхід, який означає використання технології VR та AR, що забезпечує новітні умови навчання, модернізацію методів і форм навчання, підвищення якості освіти [30, 35];

– принципи: принцип доступності – учасники освітнього процесу мають доступ до об'єктів у VR і засобів AR, усіх дидактичних, методичних матеріалів та навчальної літератури; принцип пізнання, що є методологією в обґрунтуванні набуття знань здобувачами освіти за допомогою VR та AR; принцип цілісності, який передбачає чітке визначення місця AR та VR в освітньому процесі; принцип навчальної спрямованості, що базується на впровадженні VR та AR для підтримування освітнього процесу й реалізації основної мети – всебічного розвитку особистості; принцип мобільності – використання засобів здійснюється будь-де і будь-коли;

– педагогічні стратегії: стратегія, що заснована на методі проєктів (англ. project-based learning); гейміфікація (англ. game-based learning); стратегія, що заснована на запитах (англ. inquiry-based learning); змішане навчання (англ. blended learning); перевернутий клас (англ. flipped learning); мобільне навчання (англ. mobile learning); стратегія, що заснована на сумісній роботі (англ.

collaborative learning); стратегія, що заснована на самоконтролі (англ. Self-directed learning);

– методичні рекомендації, що включають такі розділи: Розділ 1 «Теоретичні засади створення та використання навчального середовища закладу загальної освіти із використанням віртуальної і доповненої реальностей»; Розділ 2 «Використання віртуальної та доповненої реальностей для організації та підтримки навчального середовища закладу загальної освіти»; Розділ 3 «Використання віртуальної і доповненої реальностей у педагогічній практиці для створення і підтримки навчального середовища»; Розділ 4 «Дослідницьке навчання учнів предметів природничо-математичного циклу з використанням AR і VR»⁷.

Технологічний блок включає в себе:

– завдання, які охоплюють підбір AR та VR згідно з цілями навчання та освітнім контентом, сприяння розвитку вмінь і навичок вчителів та учнів використовувати технології AR та VR у своїй діяльності;

– веб-орієнтовані VR та AR, мобільні додатки AR, що характеризуються, як засоби загального призначення, тобто ті додатки та платформи, що можуть використовуватися для викладання та вивчення будь-яких навчальних дисциплін (наприклад, платформи metaverse, blippar можуть використовуватися для створення навчального матеріалу з будь-яких навчальних дисциплін, та ін.), або засоби спеціального призначення, тобто для викладання та вивчення конкретних дисциплін (наприклад, M&G AR Cards: Cellular Biology, The Brain AR App, AR Eye, Skyscrapers AR, GeoGebra 3D with AR; Google Earth VR для дослідження Землі та її тривимірної структури, топографії, вивчаючи важливі історичні місця чи географічні райони; Enercities для моделювання учням міст, будівель, та ін.) [34].

Діагностично-результативний блок є реалізацією цільового компоненту і передбачає аналіз формування ключових компетентностей учнів та розвитку цифрової компетентності вчителів для підтримки та розвитку освітнього середовища ЗЗО з використанням VR та AR, а також оцінюванням засобів VR та AR для їх застосування в освітньому процесі.

⁷ URL: <https://lib.iitta.gov.ua/734430/1/МЕТОДИЧНІ%20РЕКОМЕНДАЦІЇ%202023.pdf>

2.5. МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ УЧАСНИКІВ ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ ДОПОВНЕНОЇ ТА ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТЕЙ

З початку 21 століття безперервний розвиток науки і техніки дозволив інформаційно-комунікаційним технологіям (ІКТ) проникнути в багато аспектів суспільного життя. Це впливає на те, як люди живуть і думають. Продукти процесу розвитку людського суспільства, зокрема освіти, вимагають підтримки інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) для дослідження науковцями та педагогами нових шляхів викладання. Розвиток ІКТ призвів до серйозних змін у традиційних освітніх концепціях, освітніх моделях і навіть системі освіти. Поступово привертає увагу освіта, що не підпорядковується традиційній концепції та звільняє учасників процесу навчання від обмежень у часі та просторі, забезпечуючи багатство викладацьких та навчальних ресурсів. Особливого значення набувають технології віртуальної (англ. Virtual reality – VR) та доповненої (англ. Augmented Reality – AR) реальностей (Perkins Coie LLP and the XR Association, 2021). При впровадженні цих технологій в освітні програми, що мають дистанційний еквівалент (Xiao, X.; Wang, J., 2017), необхідним є аналіз взаємодії учасників навчального процесу у VR та AR.

Ці взаємодії дозволяють учням відповідати на запитання один одного та надають можливість ділитися та роз'яснювати зміст навчання. З огляду на це, будь-яке програмне забезпечення, націлене на освітній досвід, має бути налаштовано на забезпечення та модерування цих взаємодій у класі. Ми пропонуємо поєднання віртуальної та доповненої реальностей з можливостями хмарних технологій для запровадження їх на основі створення моделей співпраці для завантаження та обміну даними між учасниками освітнього процесу [48]. Учні можуть покращувати навчальний вміст, додаючи особисті досвіди до оригінального проєкту, створеного вчителем. Цей процес має бути додатково налаштований до умов класної кімнати, створюючи два типи схвалює внесок учня в оригінальний проєкт і визначає, на скільки він доцільний для результату навчального проєкту).

Психологічна атмосфера та залучення до навчання мають ланцюговий посередницький ефект між взаємодією вчителя та учня та ефектами навчання в онлайн-освіті. На відміну від VR, де користувач “переміщується” в інше місце (віртуальний метавсесвіт), AR “розширює” реальний світ віртуальними об'єктами. AR, який накладає віртуальну інформацію на фізичний світ, надає унікальні практичні можливості для надання освітнього контенту. В останнє десятиліття відбувся сплеск інтересу до отримання знань за допомогою

усвідомленого та практичного підходу з AR (Perkins Coie LLP and the XR Association, 2021).

Технологія VR стала доступнішою для громадськості завдяки нещодавньому наголосу на її технологічному розвитку, масовому виробництві, що робить її доступною, а завдяки використанню смартфонів для VR позбавляє потреби у складних дорогих пристроях. Це призвело до проведення все більшої кількості досліджень щодо використання VR в освіті.

У таблиці 4 нами пропонуються основні відмінності AR та VR за такими критеріями: мета, рівень зануреності, віртуальний і реальний досвід, контроль над почуттями, пристрої для занурення, пропускна здатність, тривалість сеансу.

Таблиця 4.

Основні відмінності AR та VR

Критерії	AR	VR
Мета	доповнювати середовище реального світу віртуальними об'єктами	імітувати реальне середовище, чи взагалі неможливі світи
Рівень занурення	користувачі частково занурені в VR	користувачі повністю занурені в VR
Віртуальний і реальний досвід	досвід на 25% віртуальний і 75% реальний (Scavarelli, A., Arya, A. & Teather, R.J., 2021)	досвід на 75% віртуальний і 25% реальний
Контроль над почуттями	користувачі відчувають себе в реальному світі	органи чуття знаходяться під частковим контролем системи віртуальної реальності
Пристрої для занурення	не обов'язково потрібні спеціальні AR пристрої (достатньо смартфон чи планшет загального призначення)	спеціальне VR-обладнання, наприклад, VR-окуляри, джойстики, рукавиці, костюми, спеціальні кімнати
Пропускна здатність	потребує каналу зв'язку з меншою пропускною здатністю	потребує каналу зв'язку з більшою пропускною здатністю
Обмеження використання	немає обмежень	для занурення у VR використовуються спеціалізовані пристрої, вплив яких на здоров'я користувачів значно більший (вплив використання пристроїв VR на органи зору та на вестибулярний апарат користувача), ніж при застосуванні AR

Критерії	AR	VR
		(Hirota, M., 2019; Turnbull, P. R. K., & Phillips, J. R., 2017; Lee, S. H., Kim, M., Kim, H., & Park, C. Y., 2021; Oh, H., & Lee, G., 2021)
Тривалість сеансу	необмежений час використання	безпечна тривалість сеансу занурення у VR 15 хв. з обов'язковим відпочинком у 15 – 30 хв., що добре корелюється з тривалістю навчальної сесії у 45 хв. (Oh, H., & Lee, G., 2021; Dużmańska, N., Strojny, P., & Strojny, A., 2018)

Згідно з даними в таблиці 4, слід зазначити, що освітній процес із VR та AR вимагає проєктування моделей взаємодії учасників цього процесу.

Розглядаючи процеси взаємодії учасників освітнього процесу із VR та AR, варто насамперед визначитись із суб'єктами взаємодії. У нашому випадку суб'єктами взаємодії виступають учні та вчителі ЗЗО. Суб'єкти взаємодії визначають ланки взаємодії у навчальному середовищі, до яких слід віднести: учень-учень, учень-вчитель, вчитель-учень-учні, вчитель–об'єкт–учень.

Науковцями пропонується розглядати взаємодію в освітньому процесі як динамічну спільну діяльність вчителя та учнів спрямовану на досягнення поставленої мети, виконання завдань цього процесу, організацію діяльності учасників, шляхів та підходів до досягнення результатів цього процесу, підбір засобів навчання та ІКТ.

У продуктивній спільній діяльності учасників освітнього процесу виникає оптимальна зона реалізації усіх можливостей, що охоплює співпраця вчителя із учнями, і пов'язаних із побудовою особистої траєкторії навчання тих, хто навчається, а саме: змінюються рівень самоорганізації, як вчителя, так і учня; способи розуміння ситуації і взаємодії учасників освітнього процесу; зростає мотивація і готовність учнів до розуміння та перегляду цілей навчальної діяльності, до висунення нових ідей у особистих дослідженнях; готовність і здатність до партнерства з іншими учнями і вчителями особистості.

Вище зазначене є важливими умовами для проєктування моделей взаємодії учасників освітнього процесу в ЗЗО із використанням VR та AR. Крім цього слід звернути увагу на простір VR, який є особливим для організації такого процесу.

Вчені зазначають, що існують такі варіанти взаємодії вчителя із учнями у VR: один учень або вчитель у VR, а інші учасники навчальної діяльності є спостерігачами через монітор; учні взаємодіють у VR, а вчитель контролює та допомагає учням як фасилітатор в середині цього середовища; учні взаємодіють

у VR, а вчитель контролює та допомагає учням поза VR, спостерігаючи за учнями через монітор (рис. 23).

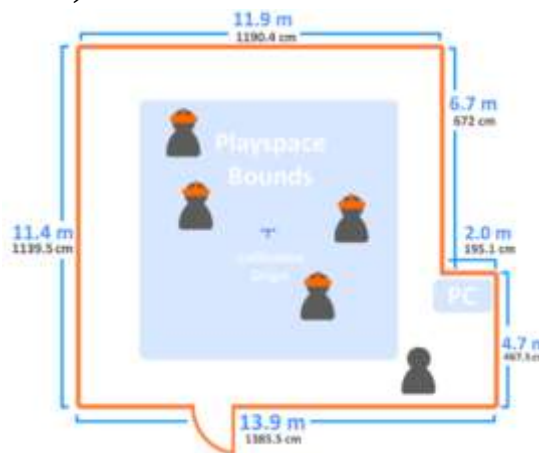


Рис. 23. Модель простору, коли учні взаємодіють у VR, а вчитель контролює та допомагає учням як фасілітатор поза VR, спостерігаючи за учнями через монітор

Простір призначений для використання VR наближений до максимальної площі відносно центру навчального класу, що приблизно дорівнює 135,65 кв.м (1139,5 см на 1190,4 см). Калібрування кожної гарнітури Oculus Quest до однієї точки в кімнаті повинно гарантувати, що всі користувачі спільно отримують відображення віртуального середовища. Мобільні акумулятори мають бути доступні як аварійні джерела живлення для малопотужних гарнітур.

Крім вище зазначеного, вчені зауважують, що оптимальна бажана кількість учнів у VR – чотири особи. При цьому, схема мережних з'єднань між пристроями користувачів VR може бути таким, як на рисунку 24.

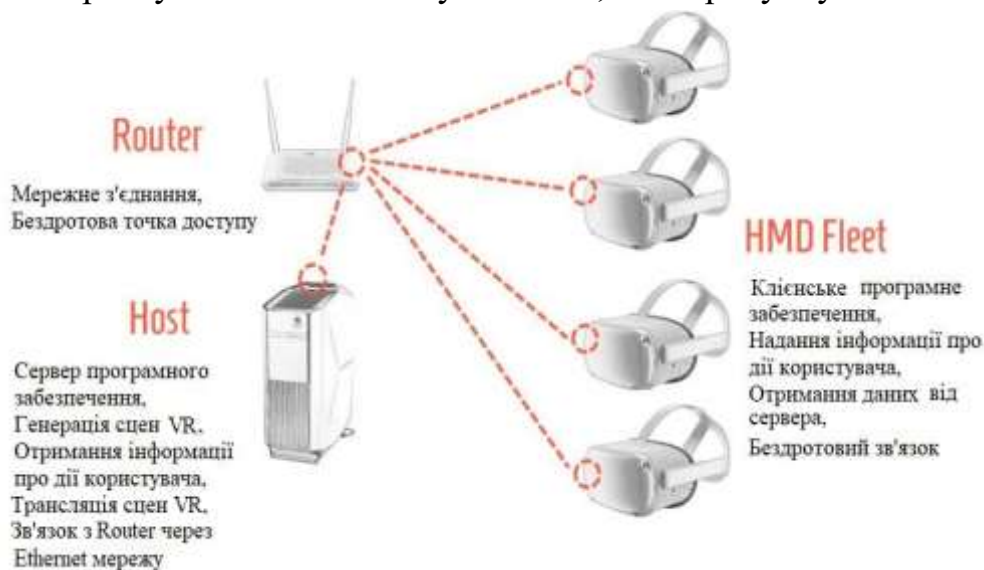


Рис. 24. Схема мережних з'єднань між пристроями користувачів VR

Відповідно до схеми мережних з'єднань між пристроями користувачів VR у просторі (класі) обов'язковим є такі пристрої:

- Роутер (Router): забезпечує зв'язок всіх елементів комплексу за допомогою бездротового та кабельного зв'язку;
- Хост (Host): системний блок, що об'єднує пристрої у єдину систему, забезпечує роботу серверної частини програмного забезпечення, генерує сцени VR для кожного з користувачів, отримує інформацію про дії користувачів, та змінює і транслює сцени відповідно них (дій), забезпечує зв'язок з роутером через кабельну Ethernet мережу;
- Наголовні дисплеї (HMD Fleet): забезпечують роботу клієнтської частини програмного забезпечення, відстежують дії кожного користувача та надсилають інформацію про них серверу, отримують дані від сервера та забезпечує їх відображення на внутрішньому дисплеї, забезпечують бездротовий зв'язок з роутером.

Слід звернути увагу на віртуальні лабораторії, що пропонуються на сайті PhET (<https://phet.colorado.edu/uk/>), який був заснований у 2002 році лауреатом Нобелівської премії Карлом Віманом (Carl Wieman). Проєкт PhET Interactive Simulations в Університеті Колорадо в Боулдері створює безкоштовні інтерактивні математичні та природничі симуляції, що базуються на різноманітних освітніх дослідженнях і залучають учнів до освітнього середовища, схожого на гру, де вони навчаються через дослідження та відкриття. За допомогою платформи Nearpod (<https://nearpod.com/>) вчитель може створити свою VR із симуляціями PhET та побудувати траєкторію взаємодії учасників освітнього середовища (рис. 25), як вчитель-учень, так і учні-вчитель, або учень-учні.

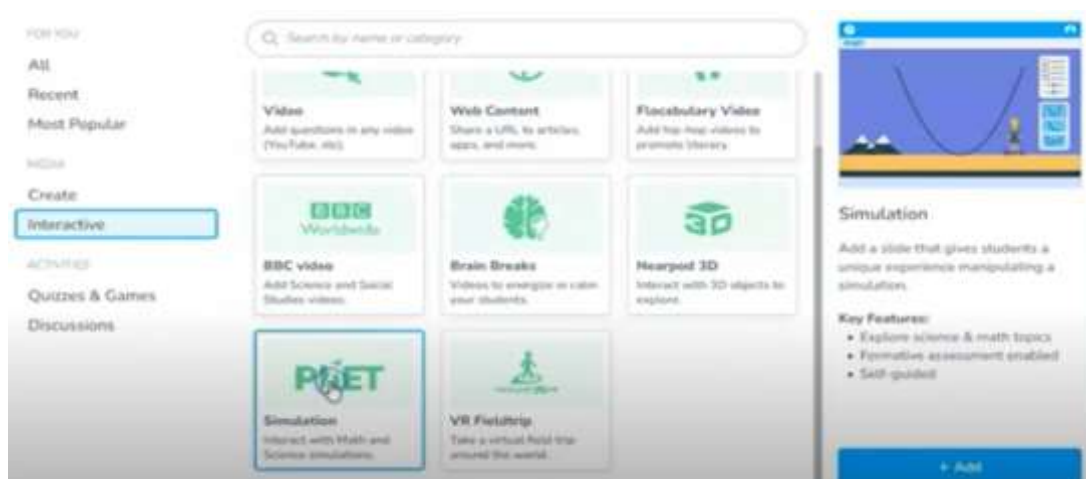


Рис. 25. Фрагмент сайту Nearpod, де вчитель може створити свою VR із симуляціями PhET

Крім вищезазначеного, цікавим прикладом освітнього середовища є BookVAR, де пропонуються лабораторні роботи із застосуванням AR та VR та забезпечується групова взаємодія користувачів із супроводом вчителя (рис. 26).

Робота з додатком виконується за допомогою шоломів віртуальної реальності Oculus Quest усіх моделей.



Рис. 26. Фрагмент виконання учнем віртуальної лабораторної роботи із фізики “Теплопровідність”

На відміну від VR, для AR не потрібно особливого простору. Взаємодія учасників освітнього процесу в AR полягає у правильно поставлених учителем завдань учням, наявність у всіх користувачів гаджетів, доцільно підібраний учителем дидактичний матеріал та спланована організація уроку або навчального проєкту з AR (час, завдання, вік учнів, результат навчання учнів, форми та методи навчання та ін.). На рисунку 5 представлена модель взаємодії учасників освітнього процесу в ЗЗО із використанням AR, що складається з чотирьох основних блоків: 1 – діяльність вчителя щодо організації взаємодії; 2 – організація взаємодії учнів із вчителем; 3 – основні види взаємодії учасників цього процесу; 4 – діагностика результативності взаємодії.

Розглянемо модель взаємодії учасників освітнього процесу в ЗЗО із використанням AR докладніше (рис. 27).

Модель взаємодії учасників освітнього процесу в ЗЗО із використанням AR складається з чотирьох блоків, а саме:

- перший блок – це організація вчителем взаємодії з учнями для здійснення мети навчального проєкту, загалом формування в них ключових компетентностей (громадянська, загальнокультурна, здоров’язбережувальна, інформаційно-комунікаційна, комунікативна, міжпредметна естетична, міжпредметна, проектно-технологічна, соціальна) та використання AR для реалізації цього проєкту;
- другий блок – організація взаємодії учнів із вчителем, що може охоплювати такі форми навчання як дистанційна, змішана, аудиторна, включає

комунікацію учнів у групах під керівництвом вчителя, надання ним інструкцій, обговорення проблемних питань та ін.;

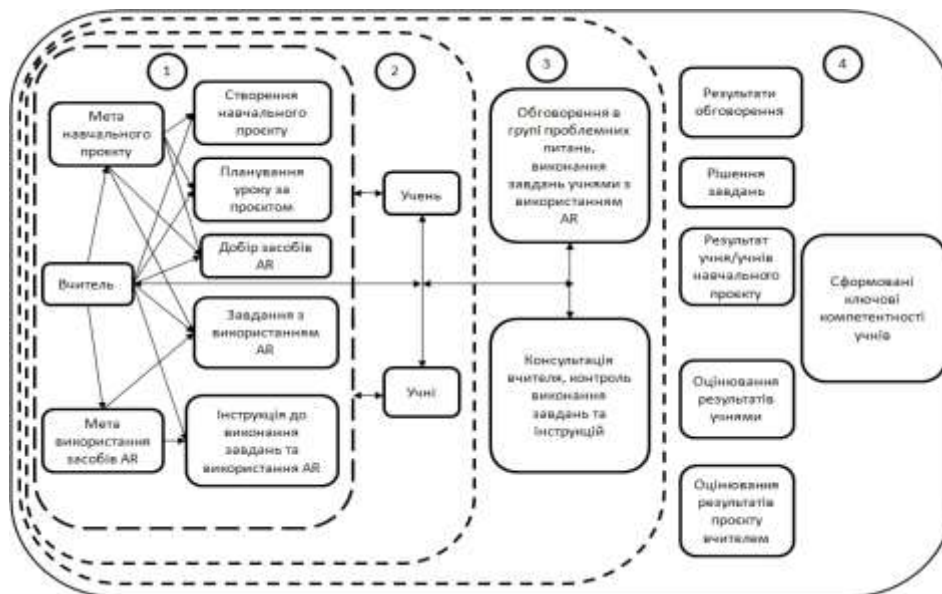


Рис. 27. Модель взаємодії учасників освітнього процесу в ЗЗО із використанням AR

- третій блок – основні види взаємодії учасників цього процесу, що може включати в себе дискусії, мізкові штурми, роботу учнів із віртуальними об'єктами;
- четвертий блок – діагностика результативності взаємодії, яка охоплює представлення результатів обговорення та навчального проєкту, пояснення учнями рішення завдань, оцінювання учнями результатів проєкту, оцінювання результатів проєкту вчителем, оцінювання вчителем результату щодо рівня сформованості в учнів ключових компетентностей.

Вищезазначені блоки модель взаємодії учасників освітнього процесу в ЗЗО із використанням AR можна застосувати і для моделі модель взаємодії учасників освітнього процесу в ЗЗО із використанням VR, але із врахуванням особливого простору призначеного для використання VR та наближеного до максимальної площі відносно центру навчального класу.

Одним із прикладів навчальних проєктів учителям спеціалізованої школи № 181 ім. Івана Кудрі з поглибленим вивченням іноземних мов нами був запропонований проєкт «Сад на підвіконні» для учнів 8-х класів, метою якого є вивчення та розуміння ними реального застосування закону Ома. Проєкт розрахований на 180 хвилин, з яких 45 хвилин – самостійна робота учнів. У проєкті були задіяні вчителі таких навчальних дисциплін: фізики (тема «Закон Ома»); математики (повторення матеріалу за проблемою «розв'язування графічних і розрахункових задач на закон Ома для ділянки кола»); біології («Фотосінтез»), трудового навчання (завдання: дизайн саду на підвіконні); історії

(завдання: презентація на тему «Історія винаходу закону Ома»); іноземної мови (завдання: написати есе «Закон Ома в реальному житті»); Інформатики (завдання: за допомогою веб-платформ (Metaverse (<https://studio.gometa.io/>), BlippAR (<https://builder.blippar.com/>), CoSpaces (<https://cospaces.io/edu/>) та ін.) створити приклади із AR та VR для презентації результату проєкту).

Був запропонований навчальний матеріал у вигляді доповненої реальності, що побудований як електронний посібник із проблеми застосування закону Ома у реальному житті.

Взаємодія учнів організовувалася за допомогою їхньої сумісної роботи в групах над рішенням завдання практичного використання закону Ома на прикладі розробки модуля індикації моделі світлофора, це були: обговорення особливостей використання світлодіодів, розгляд параметрів запропонованих світлодіодів червоного, жовтого та зеленого кольорів, розроблення електричної схеми модуля, розрахунку струмообмежувальних резисторів для кожного типу світлодіодів; та ін. що відбувалося покрокового за навчальним матеріалом AR (рис. 28).



Рис. 28. QR код навчального матеріалу (а), зробленого на веб-платформі Metaverse, та фрагмент використання AR (б)

Також для самостійного виконання був запланований проєкт “Сад на підвіконні”, під час реалізації якого учні у групах обговорювали такі питання: обговорення фотосінтезу; використання освітлення, розрахованого згідно закону Ома, для правильного освітлення рослин на підвіконні, особливості використання спеціалізованих фітосвітлодіодів, їх електричні параметри та особливості використання, тощо. Взаємодія вчителя і учнів проходила у формі наставництва щодо створення презентацій за допомогою веб-платформ Metaverse, BlippAR, CoSpaces та ін., та допомоги у налаштуванні реальних прикладів освітлення саду.

Варіантом результату роботи учня над дизайном саду може бути презентація за допомогою використанням AR та VR (рис. 29).

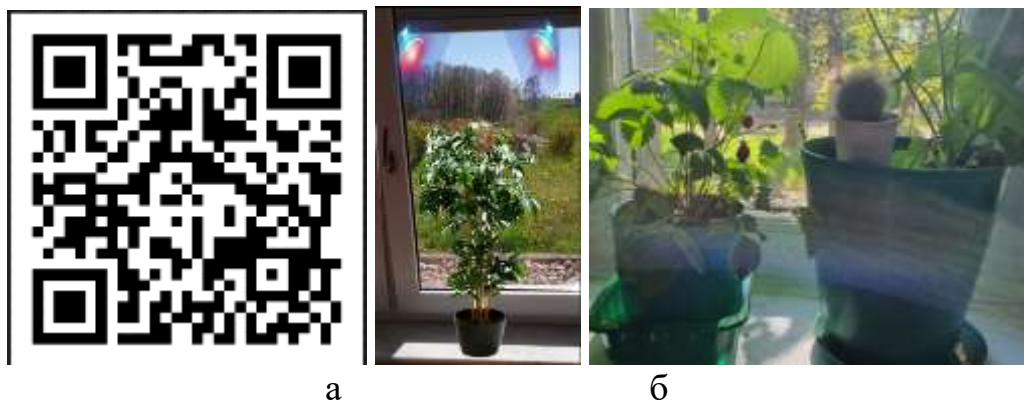


Рис. 29. Варіант результату роботи учня над практичною роботою «Сад на підвіконні» за допомогою AR та VR : а – QR код; б – приклад AR; в – результат впровадження дослідження

Після проведення навчального проєкту та семінару «Використання AR та VR в освітньому процесі», вчителям було запропоновано відповісти на анкету щодо їхнього ставлення до взаємодії учасників навчальних проєктів із використанням AR та VR (в опитуванні взяло участь 48 вчителів). В анкеті респонденти мали відмітити «так», «ні», «не знаю» на такі пропозиції 11 відповідей (табл. 5):

- Взаємодія учнів у VR була вдало організована.
- VR для уроку створюю особисто.
- На уроці користуюсь готовими віртуальними лабораторіями.
- При взаємодії учасників за допомогою AR учителем надавались зрозумілі для учнів інструкції, що покращило результати навчання.
- Для взаємодії учнів у групі використовувалася готова AR.
- Учні самостійно створювали приклади AR для презентації своїх результатів проєкту.
- Учні самостійно створювали приклади VR для презентації своїх результатів проєкту.
- Були проблеми з організацією VR на уроці.
- Були проблеми з організацією AR на уроці.
- Необхідні методичні рекомендації щодо організації взаємодії учасників при використанні освітніх VR.
- Необхідні методичні рекомендації щодо організації взаємодії учасників при використанні освітніх AR.

Таблиця 5.

Результати відповідей вчителів на анкету

№	Пропозиції відповідей	Так (%) / кількість респонде нтів	Ні (%) / кількість респонде нтів	Не знаю (%) / кількіст ь респонд ентів
1	Взаємодія учнів у VR була вдало організована	41.67% / 20	58% / 28	-
2	VR для уроку створюю особисто	2.08% / 1	98% / 47	-
3	На уроці користуюсь готовими віртуальними лабораторіями	41.67% / 20	58% / 28	-
4	При взаємодії учасників за допомогою AR учителем надавались зрозумілі для учнів інструкції, що покращило результати навчання	72.92% / 35	25% / 12	2.08% / 1
5	Для взаємодії учнів у групі використовувалася готова AR	37.5% / 18	63.5% / 30	-
6	Учні самостійно створювали приклади AR для презентації своїх результатів проєкту	85.42% / 41	10.42% / 5	4.17% / 2
7	Учні самостійно створювали приклади VR для презентації своїх результатів проєкту	4.17% / 2	95.83% / 46	-
8	Були проблеми з організацією VR на уроці	81.25% / 39	18.75% / 9	-
9	Були проблеми з організацією AR на уроці	14.58% / 7	85.42% / 41	-
10	Необхідні методичні рекомендації щодо організації взаємодії учасників при використанні освітніх VR	100% / 48	-	-
11	Необхідні методичні рекомендації щодо організації взаємодії учасників при використанні освітніх AR	16.67% / 8	83.33% / 40	-

Результати анкети показали наступне:

- взаємодія учасників освітнього процесу із застосуванням VR потребує удосконалення, методичних рекомендацій та досліджень щодо організації цього середовища для різних цілей, як, наприклад, дослідження учнями нового навчального матеріалу, виконання лабораторної роботи, сумісна робота учнів над дослідженням, інструкцій для діяльності вчителя у роботі з учнями у VR та ін.;

– взаємодія учасників освітнього процесу із застосуванням AR найбільш зрозуміла вчителями і учнями, ними використовуються як готові технології AR, так і створені особисто.

Загалом, результати свідчать про різні рівні задоволеності та ефективності використання віртуальної та доповненої реальності у навчанні. Багато респондентів відзначають позитивний вплив VR та AR на навчання, особливо коли надаються зрозумілі інструкції. Однак, існують питання з організацією VR та AR на уроці, а також потреба в методичних рекомендаціях для використання цих технологій.

Цей аналіз може служити основою для подальшого дослідження та розвитку використання віртуальної та доповненої реальності в освітній сфері, з метою поліпшення процесу навчання та залучення учнів до активної взаємодії.

Отже, VR та AR відкривають перед учнями і вчителями багато нових можливостей у організації їхньої взаємодії у процесі навчання в ЗЗО. Модель взаємодії учасників освітнього процесу закладу загальної освіти з використанням віртуальної та доповненої реальностей загалом охоплює такі блоки: 1 – діяльність вчителя щодо організації взаємодії учасників освітнього процесу VR та AR; 2 – організація взаємодії учнів із вчителем за допомогою VR та AR; 3 – основні види взаємодії учасників цього процесу з використанням VR та AR; 4 – діагностика результативності взаємодії у навчальному проєкті з VR та AR. При цьому, модель взаємодії учасників освітнього процесу в ЗЗО із використанням VR має врахувати особливості простору призначеного для використання VR та наближеного до максимальної площі відносно центру навчального класу.

Модель взаємодії учасників освітнього процесу загальноосвітнього навчального закладу з використанням віртуальної та доповненої реальності зазвичай включає наступні блоки:

Діяльність викладача: викладач відіграє вирішальну роль в організації взаємодії учасників навчального процесу з використанням віртуальної та доповненої реальності. Вони відповідають за розробку та реалізацію заходів, які сприяють ефективному використанню цих технологій, забезпечуючи доступ до відповідних ресурсів і керуючи навчальним досвідом студентів.

Взаємодія між учнями та вчителем: AR та VR дозволяють нові форми взаємодії між учнями та вчителем. Викладач може надавати вказівки, відгуки та підтримку дистанційно, а учні можуть брати участь в обговореннях, ставити запитання та шукати роз'яснення.

Типи взаємодії учасників: у навчальному процесі з використанням віртуальної та доповненої реальності можуть відбуватися різні типи взаємодії учасників. Це може включати спільні проєкти, моделювання, віртуальні

екскурсії, віртуальні лабораторії тощо. Ці взаємодії можуть підвищити залученість студентів, критичне мислення та навички вирішення проблем.

Діагностика ефективності взаємодії: оцінка ефективності взаємодії учасників освітнього проекту з віртуальною та доповненою реальністю є надзвичайно важливою. Методи оцінювання можна адаптувати для вимірювання результатів навчання, рівня залучення та впливу цих технологій на досягнення учнів/студентів.

При впровадженні віртуальної реальності важливо враховувати просторові аспекти середовища. Простір віртуальної реальності має бути оптимізовано для забезпечення максимального покриття відносно центру класної кімнати або навчального середовища, забезпечуючи, щоб учасники мали достатньо місця для пересування та взаємодії у віртуальному просторі.

Інтеграція доповненої реальності та віртуальної реальності в освітнє середовище може революціонізувати спосіб взаємодії учасників у закладах загальної освіти. Ось кілька моделей взаємодії учасників, які можна реалізувати за допомогою AR і VR:

1. **Модель спільного навчання:** AR і VR можуть сприяти спільному навчанню, створюючи захоплюючі та інтерактивні віртуальні середовища, де студенти можуть працювати разом над проектами та завданнями. Учасники можуть взаємодіяти з віртуальними об'єктами, досліджувати симуляції та колективно вирішувати проблеми, незалежно від їх фізичного розташування [145].

2. **Модель емпіричного навчання:** AR і VR можуть надати студентам реалістичний і захоплюючий досвід, який покращить їх навчання. Учасники можуть віртуально відвідувати історичні місця, досліджувати віддалені місця або симулювати наукові експерименти. Цей захоплюючий досвід дозволяє учням взаємодіяти з навколишнім середовищем, маніпулювати об'єктами та збирати дані, сприяючи активному та експериментальному навчанню [69].

3. **Персоналізована модель навчання:** доповнену та віртуальну реальність можна використовувати для адаптації освітнього досвіду до потреб і вподобань окремих студентів. Учасники можуть отримати доступ до персоналізованого контенту, адаптивних оцінок та інтерактивних симуляцій, які адаптуються до їх темпу та стилю навчання. Цей персоналізований підхід сприяє залученню та мотивації, оскільки студенти можуть досліджувати теми у своєму власному темпі та отримувати негайний зворотний зв'язок [53].

4. **Модель віртуальних екскурсій:** AR і VR дозволяють віртуальні екскурсії, дозволяючи учасникам відвідувати музеї, пам'ятки чи культурні місця, не виходячи з класу. Студенти можуть досліджувати ці місця у віртуальному середовищі, взаємодіючи з артефактами, спостерігаючи деталі та слухаючи

екскурсії. Віртуальні екскурсії покращують розуміння та культурну обізнаність студентів навіть з предметів, які традиційно обмежуються підручниками [131].

5. **Модель професійного розвитку:** інструменти доповненої та віртуальної реальності можуть підтримувати професійний розвиток вчителів та персоналу навчальних закладів. Учасники можуть брати участь у віртуальних семінарах, змодельованих класних кімнатах і тренінгових сценаріях, щоб покращити свої навички викладання, досліджувати нові педагогічні підходи та практикувати методи управління класом. Ця модель дозволяє педагогам навчатися та співпрацювати в безпечному середовищі.

6. **Модель віртуальних лабораторій:** Симуляції доповненої та віртуальної реальності можуть відтворювати лабораторні середовища, надаючи учасникам практичний досвід у наукових та інженерних дисциплінах. Студенти можуть проводити експерименти, маніпулювати віртуальним обладнанням і аналізувати дані в безпечному та рентабельному віртуальному середовищі. Ця модель сприяє науковому дослідженню, критичному мисленню та навичкам вирішення проблем [44].

Важливо зазначити, що впровадження AR і VR в навчальних закладах може вимагати відповідної інфраструктури, технологічної підтримки та навчання як викладачів, так і студентів. Однак ці моделі пропонують великий потенціал для покращення взаємодії учасників і покращення результатів навчання в загальноосвітньому середовищі [8].

Використання доповненої реальності та віртуальної реальності в освіті все ще відносно нове, і існує набагато більше можливостей для її застосування в різних аспектах навчального досвіду. Нижче наведено кілька додаткових ідей щодо того, як AR і VR можуть покращити взаємодію учасників у навчанні:

- вивчення мови: доповнена реальність і віртуальна реальність можна використовувати для створення захоплюючого досвіду вивчення мови, наприклад віртуального обміну мовами з носіями мови, інтерактивних сценаріїв для повсякденної розмови та досвіду культурного занурення;
- розвиток навичок програмного забезпечення: AR і VR можна використовувати для моделювання ситуацій у реальному житті.

Дослідження показують, що є можливість покращити взаємодію учасників навчального процесу за допомогою віртуальної та доповненої реальностей. Методичні рекомендації та подальші дослідження необхідні для вивчення різних цілей, таких як вивчення учнями нового навчального матеріалу, лабораторні роботи, спільне дослідження та надання вказівок для вчителів щодо роботи з учнями у освітньому середовищі з використанням VR та AR. З іншого боку, учасники навчального процесу, серед яких і викладачі, і студенти, краще розуміють взаємодію з використанням доповненої реальності. Вони

використовують як уже існуючі технології доповненої реальності, так і створюють власні програми для освітніх цілей.

Перспективами подальших досліджень є створення методичних рекомендацій щодо конкретизації діяльності учасників освітнього процесу з використанням VR та AR.

2.6. ПЕРЕВАГИ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДЛЯ УЧНІВ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНІМИ ПОТРЕБАМИ

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, від 10 до 15 відсотків населення світу живе з певною формою інвалідності або з особливими освітніми потребами, і з цих 15 відсотків від 2 до 4 відсотків відчують значні труднощі у життєдіяльності. Станом на перше січня 2021 року в Україні налічувалося 2 мільйони 703 тисячі людей з інвалідністю [195]. За даними Держстату, серед осіб з інвалідністю було 163,9 тисячі дітей. У звіті Дитячого фонду ООН (ЮНІСЕФ) [67] зазначено: «Кожна 10-та дитина світу має інвалідність. Збройні конфлікти та катастрофи ще більше збільшують кількість випадків інвалідності серед дітей. У будь якій громаді, яка постраждала від кризи, діти та дорослі з інвалідністю є однією з найбільш маргіналізованих груп населення, вони часто виключені з програм гуманітарної допомоги». Учні з особливими потребами, пов'язаними з такими захворюваннями, як аутизм, ДЦП, дислексія, синдром Дауна та проблеми зі слухом тощо, а відтепер і діти, що зазнали психологічних і фізичних травм під час війни, часто можуть почуватися безпорадними в класі порівняно зі своїми ровесниками, навіть, незважаючи на організовану в школі інклюзивну освіту.

Використання імерсивних технологій в навчанні учнів з особливими освітніми потребами, може бути одним із вдалих інструментів, які може використати вчитель у 21 столітті, щоб залучити до уроків своїх учнів із різними здібностями, стилями і особливостями навчання. Незважаючи на те, що ці технології існують лише менше двох десятиліть, вони зараз швидко розвиваються та вдосконалюються в освітній сфері.

VR і AR пропонують можливості, деякі з яких відповідають особливим потребам учнів. Доповнена реальність (AR) і віртуальна реальність (VR) почали допомагати вчителям навчати, надихати учнів до навчання та покращувати взаємодію в класі для учнів усіх класів і різних здібностей. Вони роблять навчання більш доступним, привабливим і практичним, таким, що краще запам'ятовується.

Віртуальні технології переносять користувача в 3D-середовище, де він може чути, торкатися речей, відчувати запах і, навіть, смак. Учні взаємодіють за допомогою звичайного персонального комп'ютера та програмного забезпечення

віртуальної реальності або одягають на голову дисплей (HMD) і рукавички для отримання даних. Технології покращують сприйняття змісту навчання за допомогою 3D-ефектів, щоб учні не залишалися сторонніми спостерігачами та розпізнавали доповнені ефекти за допомогою таких програм, як, наприклад, Google Lens .

Переваги віртуальної реальності для учнів з освітніми проблемами

Імітуючи середовища, які зображають з можливою точністю фізичну реальність і присутність людини в реальних чи уявних світах, імерсивні технології можуть допомогти учням з обмеженими фізичними можливостями розвивати навички та ставлення способами, які інакше були б значно утруднені або, навіть, неможливі, що дозволить їм брати участь у вирішенні навчальних завдань відносно вільно. Крім того засоби імерсивних технологій і пристрої до них, які використовуються такими учнями, можуть додатково сприяти емпатії до них з боку інших. До основних переваг використання учнями з особливими освітніми потребами можна віднести:

А. Створення безпечного простору

Розвивати та практикувати соціальні навички і подолати проблеми у спілкуванні в безпечному середовищі можуть допомогти віртуальні тренажери для учнів із комунікаційними проблемами, такими як аутизм або синдром Аспергера. Учні можуть це робити не виходячи з дому в безпечних і комфортних для них умовах. І навпаки, коли люди, які не мають таких утруднень і обмежень, за допомогою подібних тренажерів зможуть краще пізнати світ, у якому живуть такі діти, що може бути корисним, зокрема, для їх батьків, вчителів, однолітків.

Для дітей, які вчаться справлятися з сенсорними або фізичними вадами, ризикований досвід навчання можна безпечно здійснити за допомогою таких технологій. Наприклад, ті, хто вперше користується інвалідним візком, можуть використовувати VR у цифровому середовищі, щоб зрозуміти, як пересуватися жвавою дорогою чи торговим центром, здобуваючи навички подолання і уникнення перешкод до того, як вони потраплять у реальний світ.

В. Подолання фізичних обмежень

Для учнів із фізичними вадами, що обмежують їхні рухи, технологія може надати доступ до раніше недоступного досвіду навчання, коли їм надається можливість переміщатися у віртуальному світі за бажанням. VR може допомогти їм відчувати без обмежень те, що вони могли собі тільки уявити. Наприклад, особа, яка користується інвалідним візком, може дізнатися і відчувати, що відчуває людина, яка займається серфінгом стоячи.

С. Персоналізація навчання

Учням, які мають різні особливі навчальні потреби та навчальні стилі, VR може допомогти адаптуватися до навчання. Наприклад, VR є потужним інструментом,

який допомагає дітям-аутистам вивчати соціальну взаємодію та невербальні сигнали в індивідуальному середовищі. Віртуальне середовище або вхідні стимули є керованими, щоб відповідати саме тому, що є відповідним до особливостей учня. Різноманітні дослідження показали, що VR і AR допомагають користувачам із аутичним спектром розуміти емоції на обличчі та розвивати свої соціальні навички.

D. Краще зосередження на навчанні

Віртуальне навчальне середовище може надати учням з дефіцитом уваги можливість зосередитись на предметі навчання без відволікання, оскільки гарнітура віртуальної реальності повністю зосереджує їхній погляд на змісті. Цікаве середовище віртуальної реальності може стимулювати більш тривалу увагу та зосередженість. Людям із синдромом дефіциту уваги високий рівень стимуляції та негайні, реалістичні відповіді на поведінку у віртуальному світі, змусять їх почуватися менш тривожно та більш комфортно.

Враховуючи всі вищенаведені переваги, відзначимо, що VR у навчанні стає популярним із розробкою нових інструментів.

Проблеми, що виникають:

На додаток до проблем, які можуть виникати в інших учнів звичайного класу, є і додаткові виклики щодо використання цих технологій учнями з особливостями розвитку і навчання. Вони можуть бути логістичними і технічними. Для використання особливими учнями можуть знадобитися спеціальні цифрові додатки і обладнання, яке може виявитися дуже дорогим. Викладачів і учнів потрібно окремо навчати користуватися цими засобами, знадобляться окремі методики щодо їх використання у навчанні.

Доступність VR

VR може покращити навчання та навіть якість життя людей з обмеженими можливостями. Однак, щоб вони могли ефективно використовувати VR, апаратні та програмні технології повинні бути доступними та сумісними з допоміжними технологіями, якими користуються деякі люди з обмеженими можливостями. Сучасні технології створюють деякі проблеми:

- Точне відстеження та повне відтворення рухів нашого тіла робить віртуальну реальність складною для тих, хто має обмежені фізичні можливості щодо руху тіла.
- Технології, які залежать головним чином від візуальних сигналів залишають осторонь людей із вадами зору.
- Висока ціна популярних навушників VR ускладнює їх придбання.

Але є й альтернативи:

- Просторові звукові сигнали разом з візуальними можна використовувати для навігації та взаємодії з віртуальним оточенням.

- Гарнітури віртуальної реальності низького радіусу дії, такі як Google Cardboard, які працюють із мобільними телефонами, роблять віртуальну реальність загальнодоступною.
- Walk-in VR Driver — це програма, яка робить ігри та програми VR більш доступними для всіх. Вона дає такі можливості:
- Люди в інвалідному візку можуть стояти, стояти, стояти на колінах і повертатися на 360 градусів у віртуальній реальності, не потребуючи реального руху світу.
- Люди з однією рукою можуть грати за цифровим керуванням у просторі VR.
- Ті, хто не можуть використовувати свої руки для руху та натискання кнопок, можуть використовувати сторонній контролер Xbox для виконання цих функцій.
- Ті, хто не можуть перемістити елементи керування на потрібну для відеогри висоту чи ширину, можуть виправити положення елементів керування та діапазон руху.
- Ті, кому потрібно більше робочого простору, можуть налаштувати чутливість до руху свого елемента керування віртуальною реальністю, отриману від фізичного керування.
- Ті, хто мають обмежений вибір рухів у своїх зап'ястях, можуть змінити орієнтацію елемента керування в режимі очікування у VR.
- Контролер Daydream VR від Google був розроблений з урахуванням доступності з самого початку.

Таким чином, доступна віртуальна реальність має потенціал для створення нового навчального досвіду для учнів з особливими освітніми проблемами.

Навчальні ресурси VR

Доступність додатків віртуальної реальності стрімко зростає, і з кожним новим програмним продуктом для учнів відкривається інший шлях. Ось кілька прикладів: Google Expeditions (Гугл подорожі)⁸ – це навчальний інструмент віртуальної реальності, який дозволяє учням здійснювати віртуальні подорожі поверхнею Марса, музеєм або навіть Антарктидою. Тут близько 500 експедицій. Знання та навички, отримані людьми з обмеженими можливостями в моделюваному середовищі, можуть перенестися в реальний світ.

Такі платформи, як Embrace the life VR (Прийміть життя з VR)⁹, допомагають користувачам інвалідних візків успішно орієнтуватися в різних середовищах, водночас пропонуючи позитивний терапевтичний ефект, який зменшує тривогу, покращує соціальну інтеграцію та покращує якість життя.

⁸ URL: <https://artsandculture.google.com/project/expeditions>

⁹ URL: <https://immersivedirectory.com/listing-item/embrace-life-vr>

Важливо, щоб учні з обмеженими можливостями також користувалися всіма цими ресурсами, але віртуальні пригоди потрібно розробляти з урахуванням доступу до них, щоб досягти успіхів у навчанні.

З прогресом у VR і AR зростає кількість додатків. Наприклад, група дослідників з Мічиганського університету розробляє iGYM [150], систему доповненої реальності, призначену для навчання дітей, які пересуваються на інвалідних візках, спортивним заняттям на рівні громади.

Розробники також починають віддавати пріоритет доступності під час проектування, що призвело до створення легших гарнітур і набагато зручніших елементів керування, серед іншого, для користувачів з фізичними вадами; відповідний вибір кольорів, аудіоописів, а також збільшення тексту та зображень для сліпих дітей; і очевидні стенограми та закриті субтитри для споживачів, які є VR і AR, можуть допомогти людям з обмеженими можливостями, глухим або слабочуючим.

Залучення людей з обмеженими можливостями для тестування або, ще краще, допомоги у створенні досвіду віртуальної реальності на кількох етапах розробки, гарантує їх доступність для різних користувачів.

Нарешті, вчителі, яких теж потрібно навчати, використовуватимуть доповнену та віртуальну реальність для створення середовища в класі, яке відповідає потребам будь-якого учня.

2.7. РИЗИКИ І ВІДПОВІДАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДОПОВНЕНОЇ І ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ШКІЛЬНІЙ ОСВІТІ

Серед поширених трендів сучасної освіти - доповнена, віртуальна та змішана реальності, які відносять до імерсивних технологій. Використання цих технологій в освіті - від простих віртуальних екскурсій музеями та древніми цивілізаціями до підготовки фахівців на тренажерах, що готують до роботи на швидкісному транспорті та в складних і небезпечних умовах. Використання віртуальної реальності відкриває багато нових можливостей для навчання. Доцільним їх застосування буде у випадках, коли предмет вивчення занадто складний для сприйняття, трудомісткий, недоступний для безпосереднього дослідження і вивчення, або його опанування занадто дороге при використанні традиційних підходів. В статтях багатьох вітчизняних і зарубіжних авторів вже з самої появи технологій докладно висвітлюються потенційні можливості і переваги такого навчання. Імерсивні технології використовуються в різних сферах, таких як медицина, виробництво, робототехніка та розваги.

Описані в вітчизняних і зарубіжних дослідженнях, основні переваги імерсивних технологій можуть бути об'єднані в такі групи:

1. **Безпека.** Моделювання хірургічних утручань, контроль над надшвидкісним транспортом, космічним апаратом, подорож усередину ядерного реактора, зібрання електричних кіл за схемами тощо. І навпаки - моделювання потенційно небезпечних наслідків відмови від недотримання процедур, або перевищення допустимих норм без фізичного пошкодження обладнання або загибелі людей.

2. **Здешевлення** навчання без використання вартісного обладнання та витратних матеріалів (без врахування високої вартості обладнання для віртуальної реальності).

3. Організація **віртуального класу** для дистанційного і змішаного навчання.

4. **Доступність/Інклюзивне навчання.** Додаткові переваги середовища для учнів з особливостями просторового сприйняття, з розладами аутичного спектру тощо.

5. Педагогічні аспекти навчання учнів:

- **Наочність.** Використовуючи 3D-графіку, мікропроцеси можуть бути детально показані до атомного рівня. Відповідно, віртуальна реальність не тільки надає інформацію про сам феномен, а ще й дозволяє демонструвати його з будь-яким ступенем деталізації.
- **Залученість.** Віртуальна реальність дозволяє змінювати сценарії навчання на власний розсуд, впливати на хід експерименту або вирішувати математичну задачу в ігровій та легкій для розуміння формі. Під час віртуального уроку, учні можуть побачити події минулого очима історичного характеру, відправитися в подорож людським тілом в мікрокапсулі або навіть вибрати правильний шлях для корабля Магеллана.
- **Фокусування.** Віртуальна реальність, яка оточує учня на всі 360 градусів, дозволить йому повністю зосередитися на матеріалі та не відволікатися від зовнішніх подразників.
- **Мотивація.** Учні перетворюються з пасивних слухачів на активних дослідників, інтерактивне навчання спонукає їх до пізнання і творчості.

В 22-х проаналізованих українських публікаціях щодо використання технологій доповненої та віртуальної реальності в закладах загальної середньої освіти виявлено, що значна їх більшість присвячена опису переваг і потенційних можливостей використання імерсивних технологій в освіті. В вітчизняних статтях, які аналізують і описують технології віртуальної та доповненої реальності, бракує статистичних даних щодо кількісного підтвердження впливу цих технологій на здоров'я учнів і їх навчання, на вчителів ЗЗСО і їх викладання. В 2 з них є дані результатів опитувань учнів щодо їх ставлення до використання таких технологій у навчанні. Лише такого опитування, великою мірою прогнозованого на позитивний результат, недостатньо для аналізу ефективності таких технологій і їх впливу на навчання та здоров'я тих, хто навчається і навчає.

Дослідження, пов'язане з сприйняттям вчителів таких технологій виявлене лише одне. Це значною мірою пояснюється тим, що в Україні ці технології навчання використовуються порівняно недавно і не дуже широко. Видається дивним, що і в публікаціях досліджень зарубіжних авторів з розвинених країн світу, в яких такі технології впроваджуються в практику шкільного навчання вже близько десяти років, теж таких публікацій не багато.

У статті [147] зроблено докладний аналіз, який охоплює 61 дослідження зарубіжних авторів з різних країн, представлене у наукових журналах та на конференціях з 2012 по 2018 рік. Цей аналіз засвідчує, що здійснена велика кількість досліджень щодо встановлення тенденцій, можливостей та проблем технології доповненої реальності в освітніх установах. Проте, автори відмічають, що лише незначна кількість таких досліджень аналізує важливі питання впливу цих технологій на навчання учнів через кількісний аналіз. У підсумку автори визначають стан і тенденції використання технології доповненої реальності в освіті, можливий вплив цієї технології на процеси навчання, відкриті питання, а також можливості та виклики для розробників і практиків. Результати аналізу показують, що використання в освіті технологій доповненої реальності має середній вплив на ефективність навчання ($d = ,64, p < ,001$). Найбільш описаними перевагами систем доповненої реальності в освіті є лише «зацікавленість у навчанні» та «мотивація». Також важливо зазначити, що лише одна із систем доповненої реальності у дослідженнях включає функції доступності для учнів з особливими освітніми потребами, що є невдачею з огляду на соціальну інтеграцію. Автори роблять висновок, що «враховуючи очевидні численні переваги використання систем AR в навчальних закладах, зацікавлені сторони мають великі можливості для розробки нових та кращих систем, які приносять користь усім учням. Це може бути індикатором того, що технології все ще досягають зрілості і іноді успішно приживається в освітніх умовах» [50]. У статті «Чи можуть програми віртуальної реальності становити реальний ризик для дітей та підлітків? Систематичний огляд етичних проблем і проблем» [71] було проаналізовано 85 досліджень, що були опубліковані у базах даних Scopus, IEEE Xplore, PubMed та Google Scholar з 2010 по 2020 рік. Автори дійшли висновку, що результати залишаються суперечливими, особливо в психосоціальній сфері. Відмічається, що дослідження все ще тривають, постійно оновлюються та є пріоритетними для наукового співтовариства, оскільки технології розвиваються.

Разом з цікавими і корисними досягненнями технологій з'являються і ризики та виклики, які можуть поставити в майбутньому під загрозу успіхи, зокрема в освіті. У статі [100] наведені деякі недоліки доповненої і віртуальної реальності:

– **Брак варіантів використання.** Доповнена реальність — була створена як «цікавинка» для ігор [71], вона не мала реальної освітньої мети. Незважаючи на мільйони доларів, вкладені у програми та пристрої віртуальної реальності, в основному, лише запеклі геймери купують гарнітури для них.

– **Юридичні і правові питання.** Існують різні проблеми щодо конфіденційності та безпеки, пов'язані з технологією доповненої реальності. Компанії, які пропонують пристрої і програми не можуть орієнтуватися в юридичних питаннях, які виникають під час використання їх у великих масштабах для значних груп людей.

– **Цифрова втома.** У цьому цифровому світі учні і так досить значний час підключені до екранів цифрових пристроїв. Якщо вони використовують гарнітури віртуальної та доповненої реальності, то матимуть досить багато віртуальної інформації [100]. Це може бути дуже виснажливим для людей і врешті решт руйнівним для суспільства.

– **Питання мініатюризації.** Гарнітури доповненої та віртуальної реальності мають досить великі розміри, їх потрібно іноді носити на голові, але не так, як звичайні окуляри. Бажано, щоб гарнітури добре працювали з доповненою і віртуальною реальністю та водночас, щоб вони були значно менші за розмірами.

– **Недостатній досвід,** тобто віртуальна і доповнена реальність сприймається у великій мірі не як реальність через технологічні проблеми. Незалежно від того, чи то погана роздільна здатність пристроїв, неточні комп'ютерні зображення, чи незручна взаємодія людини та комп'ютера, фактичний досвід зазвичай не відповідає очікуванням користувача. Штучність такої віртуальної реальності завжди відчувається.

– **Соціальне неприйняття.** Оскільки звичайні страхи суспільства змінюються, люди не хочуть приймати таку реальність як частину свого життя. Деякі люди вважають її дивною і соціально незручною. Вони не хочуть [100] щоразу носити на обличчі гарнітуру розміром з невеликий комп'ютер. Це призводить до соціального неприйняття технології. Це – одна з суттєвих загроз успіху технологій, оскільки переконати людей нелегко.

До цього переліку варто додати ще й такі проблеми і ризики:

– **Здоров'язбережувальні.** Наприклад, небезпека для очей (розвиток короткозорості, втома), навантаження на ЦНС (центральною нервову систему), серйозне випробування для вестибулярного апарату, залежності тощо. Деякі учасники досліджень віртуальної реальності відчували нудоту, захитування або незначні головні болі під час використання пристроїв [77], досягнувши 10-20% користувачів в одному з досліджень [66].

– **Висока вартість обладнання і програмного забезпечення.**

- **Необхідність в додатковому обладнанні.** Наприклад, для забезпечення максимальної реалістичності у віртуальній реальності може знадобитися кілька датчиків руху.
- **Недостатньо розроблених програмних продуктів для різних навчальних предметів.**
- **Складність використання.** Необхідний додатковий час, щоб учням і вчителям навчитися користуватися пристроями і програмами. Наприклад, неправильно налаштовані дисплеї, встановлені на голові, можуть спричинити розмитість зображень і тексту [66].

Важливо пам'ятати, що технологія віртуальної реальності не зменшує важливості планування уроків та зміни ролі вчителя в навчанні. Хоча роль вчителя з інструментами віртуальної реальності зазвичай переходить до ролі фасилітатора, тренера та наставника, управління вчителем навчального процесу все ще має вирішальне значення при використанні систем віртуальної реальності.

Нарешті, інтеграція віртуальної реальності з навчальною програмою може бути складною, і деякі вчителі можуть опиратися використанню нової технології. Виникає необхідність переробити плани уроків із навчання, зосередженого на вчителі, орієнтованого на надання знань, до планів уроків, орієнтованих на учнів. Викладання теми за допомогою віртуальної реальності також може зайняти більше часу, ніж для традиційних заходів на уроці.

До обережного і відповідального використання іммерсивних технологій, зокрема доповненої та віртуальної реальності, закликають міжнародні аналітики і експерти у своєму звіті під назвою «Пробудження до нової реальності: створення відповідального майбутнього для іммерсивних технологій» [17]. В звіті підкреслена необхідність враховувати не лише можливості технологій, а й небезпеку, яку вони можуть спричинити, де, зокрема, зазначено: «Ми знайомі з сьогодинішніми ризиками, пов'язаними з даними. Але, як і всі нові технології, захоплюючий досвід приносить нові небезпеки. Їхня сила та близькість підвищують рівень ризиків трьома способами:

- **Загроза приватності/конфіденційності.** Ці технології використовують дані, які глибоко пов'язані з особистістю, приватною поведінкою та думками людей.
- **Невідомий психічний вплив.** Іммерсивні технології тягнуть за собою прямі зв'язки з нашими розумовими здібностями та сприйняттям реальності, які ще не повністю зрозумілі.
- **Незворотні наслідки.** Потужність, швидкість і децентралізована природа сучасних цифрових інструментів означають, що коли помилки збільшуються, їх важко виправити.»

Враховуючи вищенаведені ризики і перестороги, потрібні ретельні дослідження впливу технологій доповненої і віртуальної реальності на здоров'я і навчання учнів, на вчителів та їх викладання. Також, зважаючи на значний зарубіжний досвід у використанні цих технологій і якість більшості наукових публікацій, бажано відслідковувати появу і аналізувати результати досліджень провідних педагогів світу, використовуючи достовірну інформацію з надійних джерел. Важливо нам, освітянам, усвідомлювати те, що з розвитком технологій ми повинні забезпечити їх впровадження з належним урахуванням впливу, який вони можуть мати на наше життя та добробут.

2.8. ТЕОРЕТИКО-КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ ПРОЄКТУВАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ ЯК НАВЧАЛЬНИХ ЕКОСИСТЕМ

Щоб ефективно пропонувати та впроваджувати інновації необхідно спиратись на відповідні адекватні моделі. Це особливо важливо для великих складних систем, де неможливо спробувати і потім переробити інакше. До таких систем відноситься і система освіти. Останні 20-30 років дуже широко використовується метафора *екосистем* для аналізу та моделювання великих складних систем. Вже формується окремий напрям *освітні екосистеми*. Нам здається доцільним зібрати та узагальнити основні напрацювання з тематики екосистем з метою їх подальшого застосування при проектуванні інновацій в освіті.

Життя сучасної людини майже всюди і завжди супроводжується навчанням. Воно може бути формальне, неформальне, інформальне, випадкове, довгострокове або короткострокове, планове чи спонтанне. Спостерігається тенденція до збільшення різноманіття способів навчання та поєднання їх між собою. Поступово, класичні освітні середовища перетворюються на синтетичні, а навчання все більше стає гібридним. Ці синтетичні освітні середовища не існують самі по собі. Вони взаємодіють різними способами. Можемо сказати, що поступово формується мережа синтетичних освітніх середовищ. Людина замість раніше зрозумілих стандартних освітніх кроків: садочок, школа, вищий навчальний заклад — має безперервний шлях через множину синтетичних освітніх середовищ.

Категорії «простір» і «середовище»

Далі ми розглянемо публікації, які підводять нас до розуміння освітніх екосистем. У роботі [151] детально розглядаються категорії «простір»,

«середовище» та «система». На рис.30 схематично показано співвідношення цих категорій. Назвемо основні компоненти та їх взаємозв'язок.

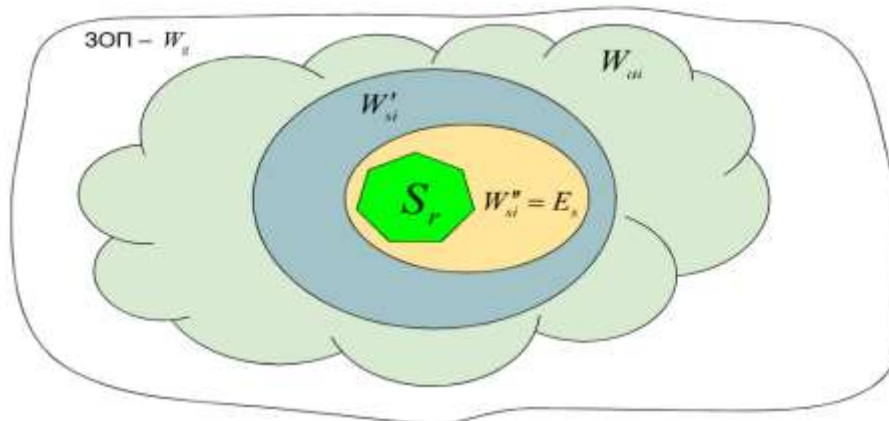


Рис.30. Співвідношення категорії простір, середовище та система

ЗОП – це загальний об'єктний простір. Для його коректного опису вводиться поняття «простору».

Простір (space) – деяка множина структурно упорядкованих об'єктів та їх ідентифікаторів, яка подається моделлю, що відображає логічну структуру групування та впорядкування ідентифікаторів об'єктів даного простору. ЗОП складається з множини підпросторів. Деякі ми будемо розглядати, їх будемо називати *цільовими*. Цільові підпростори надають можливість визначати предметну галузь та об'єктний склад розвитку підпростору.

З об'єктів цільових просторів виділяються досліджувані *системи*. Спираючись на подання систем у складі цільових просторів, вводиться категорія «середовище системи».

Те, що суттєво поєднує категорії «простір» і «середовище» полягає в тому, що кожен *об'єкт чи зв'язок*, що визначені у просторі і/або середовищі своїми ідентифікаторами (ознаками, назвами, аббревіатурами, параметрами, характеристиками, адресами), відповідно *асоціюються* з цими просторами і/або середовищами. Проте *один і той самий об'єкт чи зв'язок* можуть бути незалежно визначені в кількох просторах і/або середовищах та асоціюватись з кількома відповідними просторами і/або середовищами [151].

Індивідуальний освітній простір є цільовим підпростором загального об'єктного простору, що виділений з останнього за ознакою причетності певних компонентів його складу до освіти впродовж життя конкретної людини. Ефективність відповідного навчального середовища (НС) визначається ступенем його відповідності меті створення, що підпорядкована меті створення і розвитку персонального середовища (ПС), до складу якого це НС належить. [154].

Екосистемний погляд на освіту

Зараз досить активно розвивається *екосистемний погляд* на систему освіти.

В [151] запропоновано абстрактне визначення *екосистеми навчання* (*learning ecosystem - LES*), яка складається із зацікавлених сторін, що об'єднують увесь ланцюжок процесу навчання та корисні засоби навчання, навчальне середовище, у певних межах, які ми називаємо кордонами навчального середовища.

Концепція системи [106]: Загальна концепція системи полягає в тому, що вона складається з набору **С компонентів** і набору **Р зв'язків** між цими компонентами. Загальна характеристика динамічної відкритої системи полягає в перетворенні вхідних даних у виходи за допомогою діяльності, що виконується агентами або акторами, які взаємодіють із середовищем. Для системи завжди визначена **головна функція**, для виконання якої створюється ця система. Можуть бути додаткові функції, але є головна. Зазвичай система має такі властивості, яких немає жодний складовий елемент (системні ефекти).

Концепція екосистеми. Концепція екосистеми бере свій початок у науці про екологію та концептуалізує потік матерії та енергії. Це можна визначити як переробні потоки поживних речовин уздовж шляхів, що складаються з живих підсистем, які організовані в ролі, орієнтовані на процеси; з'єднує живу і неживу підсистеми; градієнти енергії забезпечують переробку дефіцитних поживних речовин, наприклад, тропічний ліс. Екосистема *не має цілей* свого функціонування.

Таким чином, система, як правило, створена людиною та призначена для певної мети, тоді, як екосистема є природною (яка виникає поступово в результаті взаємодії великого кола учасників) системою, що включає всі живі та неживі компоненти певного середовища. Хоча система може існувати в екосистемі, екосистема не може існувати без *систем у ній*.

Спільні та відмінні риси систем та екосистем

Системи та екосистеми мають кілька *спільних рис*.

По-перше, і системи, і екосистеми складаються з взаємопов'язаних частин або компонентів. У системі частини призначені для спільної роботи певним чином для досягнення конкретної *мети або виконання необхідної функції*. В екосистемі живі та неживі компоненти взаємодіють один з одним складним чином (відповідно до своїх цілей та власних функцій), створюючи саморегулююче та стійке середовище.

По-друге, як системи, так і екосистеми мають межі, що визначають їх масштаб і протяжність. У системі межі визначають, що входить до них, а що ні. В екосистемі кордони визначають межі навколишнього середовища та взаємодії, які відбуваються в ньому.

Нарешті, і системи, і екосистеми можуть демонструвати нові властивості, що виникають у результаті взаємодії між їхніми компонентами. У системі емерджентними властивостями є характеристики або поведінка, які виникають у

результаті взаємодії між частинами системи. Емерджентними властивостями екосистеми є саморегуляція і стійкість.

Системи та екосистеми мають певні *відмінності*.

Система відноситься до набору взаємопов'язаних і взаємозалежних частин, які працюють разом для виконання певної функції або досягнення конкретної мети. Іншими словами, система — це набір компонентів, що працюють *заплановано узгоджено* для отримання передбаченого результату.

З іншого боку, екосистема відноситься до складної спільноти живих організмів (рослин, тварин і мікроорганізмів), які взаємодіють один з одним і з неживим середовищем (таким як повітря, вода і ґрунт). Екосистема включає як живі, так і неживі компоненти певного середовища та взаємодію, що відбувається між ними. Діяльність та взаємодія живих організмів в екосистемі зазвичай не є *заплановано взаємоузгодженою*.

Підводячи підсумок, і системи, і екосистеми складаються з взаємопов'язаних компонентів, мають межі, які визначають їх сферу дії, і демонструють нові властивості, що виникають у результаті цієї взаємодії.

Екосистеми зазвичай не є об'єктивно виділеними з ЗОП. Їх виокремлюємо в залежності від мети та масштабу розгляду. Для освітньої екосистеми доцільно вважати, що вона складається з відповідних *систем* (біотичних чи абіотичних). В якості біотичних систем можемо розглядати учнів, вчителів, репетиторів, постачальників контенту, дизайнерів інструкцій, педагогічних експертів, адміністраторів та ін. Кожний з них має свої *цільові простори, оточуючі середовища* відповідно до своїх цілей. Причому цільових просторів і оточуючих середовищ кожний актор може мати багато. Зокрема кожен учень має визначене НС (навчальне середовище) та ПС (персональне середовище). Тоді ми можемо виокремлювати екосистеми на основі виявлення спільних (або таких, що значно перетинаються) цільових просторів та оточуючих середовищ. Ми пропонуємо такі кроки для виокремлення екосистеми[28]:

- Визначити об'єкти, що нас цікавлять.
- Виявити цільові простори визначених об'єктів.
- Виявити цілі цільових просторів.
- Із складу об'єктів цільових просторів виділити досліджувані системи.
- Виявити їх оточуючі середовища.
- Визначити цілі цих систем.
- Співставити компонентний склад цільових просторів та оточуючих середовищ для визначення найбільш доцільних щодо створення екосистеми.

Основним фокусом інтересів в дослідженні екосистем навчання є *відносини та взаємодії, пов'язані з потоком інформації, а також передача та*

трансформація знань. З огляду на це, можна зробити деякі висновки. Подібно до біологічної екосистеми, в навчальній екосистемі люди можуть *спонтанно* формувати групи та взаємодіяти один з одним або з навчальними програмами на індивідуальному чи груповому рівні. Вони також можуть виконувати, змінювати або адаптувати певну поведінку, щоб сприяти або перешкоджати розвитку екосистеми навчання. Зміни умов екосистеми навчання впливають на «поведінку» системи та її компонентів. Щоб бути успішними та цінними для системи, кожна особа та група повинні адаптуватися до умов середовища, щоб знайти свої ніші. Щоб поєднати їх усі разом, також мають бути доступні належні навчальні програми.

Беручи це до уваги, автори [28] стверджують, що загальний погляд на екосистему навчання можна застосувати до будь-якої навчальної ситуації, зокрема традиційне очне навчання в аудиторіях або електронне навчання в бізнес-середовищі. Це означає, що ми повинні враховувати в будь-якій ситуації навчання біотичні та абіотичні компоненти або кластери компонентів, їхні взаємозв'язки та взаємодію разом із умовами екосистеми. Крім того, біотичні та абіотичні компоненти, а також межі середовища навчання та інші умови екосистеми навчання є в принципі *динамічними*. Цей загальний погляд допомагає нам отримати кращу картину конкретної навчальної ситуації та дозволяє досягти більш цілісного підходу для розвитку більш ефективного навчання.

Аналіз відомих кейсів в економіці показав, що екосистеми дозволяють різним фірмам виробляти взаємозалежні компоненти з обмеженою координацією [68]. Лідер екосистеми задає архітектуру та основні параметри – загальні правила та способи взаємодії, стандарти, інтерфейси. Фірми-учасники (актори) автономно визначають конфігурацію та управління своїми модулями.

Значна відмінність між механізмами координації «риннок», «ієрархія» та «екосистема» ілюструє створення цінності для клієнта (рис. 31). Як видно, в екосистемах процес «складання» цінності для клієнта відбувається за межами окремих продуктів. Ця особливість описується через поняття «спільне створення цінності» (*англ. cocreation value*).

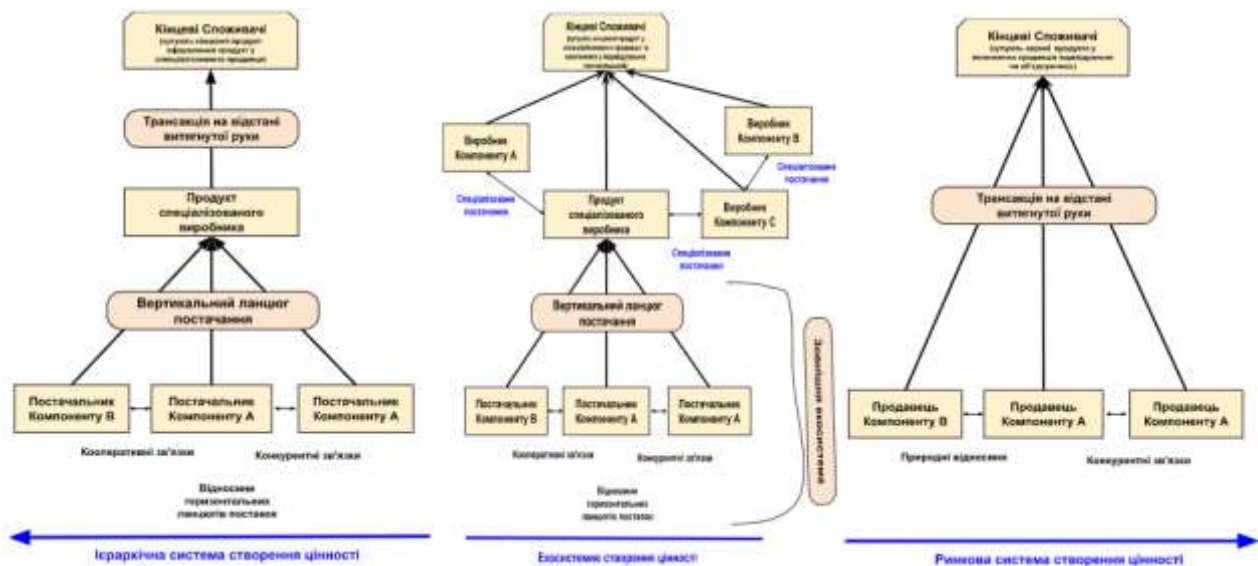


Рис. 31. Ієрархічне, екосистемне та ринкове створення цінності для клієнта

Слід відмітити основні риси екосистемного підходу:

1. Екосистема складається з акторів (систем) та неживих елементів.
2. Екосистема не має мети існування.
3. Актори відрізняються тим, що мають генетично обумовлену поведінку та можуть вільно (або обмежено вільно) обирати дію в залежності від свого контексту.
4. Неживі елементи поведуться виключно відповідно до законів природи (фізика, хімія та ін.).
5. Кожний актор має незмінні ознаки (ідентифікатори), за якими його можна ідентифікувати протягом усього його життєвого циклу (наприклад, ДНК, прізвище та ін.).
6. При розгляді акторів в екосистемах можна провести межу, що відокремлює певного актора від інших елементів екосистеми.
7. Актори взаємодіють з оточуючим середовищем (екосистемою) шляхом обміну енергією, матерією, інформацією.
8. Один і той самий актор може одночасно бути присутнім та діяти в декількох екосистемах.
9. Актор протягом життєвого циклу може змінюватись без втрати своєї ідентичності.
10. Потенційно можливий діапазон дій та змін актора визначається його конструкцією (генотипом, який може бути застосований і для неживих систем).
11. Актор може робити зовнішні взаємодії та внутрішні.

12. Внутрішні дії – це дії, що не супроводжуються взаємодією з іншими акторами або зовнішніми елементами.
13. При розгляді та аналізі екосистеми можуть бути окреслені її межі.
14. Один з можливих типів змін актора – це навчання.
15. Ефективність навчання актора залежить від таких факторів як генотип актора, його попередній досвід, навченість, стан, спосіб навчання та ін.
16. Навченість актора проявляється в тому, що для виконання однакових дій, або досягнення певного результату, актор з вищою навченістю витрачає менше ресурсів.
17. На всі дії та взаємодії (зокрема навчання) актор витрачає певний ресурс.
18. В процесі життєдіяльності актор може втрачати деякі свої властивості та навченість.
19. Навченість втрачається з часом якщо вона не застосовується.
20. Навченість може морально застарівати.
21. Для певного актора за певний проміжок його життєвого циклу можемо побудувати діаграму застосування навченості, тобто, які вміння та в якому обсязі були використані певним актором, який ресурс знадобився та який результат отримано.
22. Для певного актора за певний проміжок його життєвого циклу можемо побудувати діаграму бажаної навченості, тобто, які вміння та в якому обсязі були необхідні певному актору.
23. В екосистемі (на відміну від системи) взаємодія не направлена на конкретного учасника.
24. В екосистемі присутня велика група акторів, один або кілька з яких можуть відігравати роль лідера архітектури спільноти;
25. В екосистемі наявний взаємозв'язок та взаємозалежності між акторами;
26. Необхідність адаптації учасників до особливостей екосистеми.

Проведений аналіз показує доцільність застосування *екосистемного бачення* при аналізі та проєктуванні навчальних середовищ [28; 68]. На рівні опису систем застосовувати *теорію генетичного структуроутворення і структурної мінливості* [196; 197].

Дотримуватись загального розуміння понять «*простір*», «*середовище виділеної системи*» за [151; 154].

Ефективність системи та екосистеми. Ефективність навчального середовища.

Кожний учень має свої освітні цілі, які формуються під впливом різних факторів. Але для простоти можемо розглядати остаточні цілі, які учень прийняв (тобто погодився, що саме ці цілі він буде досягати) для їх здійснення. Відповідно до цих цілей учень формує своє ПС (персональне середовище). Також його навчальна діяльність відбувається у відповідному (-них) НС

(навчальному середовищі (-ах)), а саме, НС (навчальних середовищ) у одного учня може бути декілька. Ефективність НС (як системи) можна оцінювати, як з точки зору розробників цієї системи, так і з точки зору користувачів (наприклад учнів). Причому кожний учень може оцінювати ефективність за своїми критеріями на відповідність до своїх цілей.

У результаті поведінку кожного учасника екосистеми можемо розглядати на індивідуальному, системному та екосистемному рівнях.

Ми розглядаємо не просто навчальне середовище, а середовище *активної дії*. Це передбачає не тільки спостереження, а й виконання певних взаємодій з елементами середовища. Насамперед це взаємодія з обладнанням (наприклад, оброблення матеріалів чи проведення експериментів) та взаємодія з іншими учасниками середовища (учнями, викладачами, тьюторами та ін.). Середовище активної дії містить елементи віртуальної реальності – це синтетичне навчальне середовище. До нього можуть бути сформульовані вимоги як для цільового оточуючого середовища, у якому діють (розглядаються) актори (у даному випадку учні, викладачі тощо), які мають власні цілі. Тут ми можемо окреслити загальні контури середовища (показники), значення яких необхідно в подальшому визначити в конкретній реалізації цільового простору. Вони повинні відповідати узагальненим цілям учасників:

1. *Імерсивність*: система повинна мати здатність занурювати користувача у віртуальну реальність та створювати ілюзію присутності всередині віртуального світу.
2. *Інтерактивність*: система має надавати користувачеві можливість взаємодії з віртуальним оточенням, об'єктами та іншими користувачами.
3. *Графіка і звук*: система повинна володіти високоякісною графікою та звуковими ефектами, що створюють реалістичне та природне оточення.
4. *Реалістичність*: система повинна створювати віртуальне середовище, яке максимально наближено до реального світу, щоб користувачі могли набувати реалістичного досвіду.
5. *Адаптивність*: система повинна враховувати різні типи навчання та учнів, забезпечуючи індивідуальний підхід до кожного та враховуючи його особливості.
6. *Масштабованість*: система повинна бути здатна масштабуватися відповідно до рівня складності та кількості користувачів.
7. *Вимірюваність*: система повинна мати вбудовані механізми для вимірювання та аналізу прогресу користувачів та оцінки результатів навчання.
8. *Безпека*: система повинна забезпечувати конфіденційність даних користувачів, захист від несанкціонованого доступу та інших загроз

безпеці.

9. *Доступність*: система повинна бути доступна для використання на різних пристроях та операційних системах, щоб користувачі могли отримувати доступ до навчання в будь-який час та будь-якому місці.
10. *Інтеграція*: система має бути здатна інтегруватися з іншими системами управління освітою та освітніми платформами для максимальної ефективності її використання та сумісності.

Дуже важливим залишається питання доцільності. Немає сенсу створювати середовище з низькою ефективністю для користувачів та розробників. Тому, крім технічних показників, при створенні середовища необхідно враховувати також показники ефективності та економічної доцільності.

З огляду на вищезазначене природні та штучні екосистеми представляють собою дві різні форми організації та взаємодії живих організмів з навколишнім середовищем. Вони мають свої особливості та впливають на багато аспектів нашого життя. Розглянемо порівняльну характеристику природних та штучних екосистем.

Походження:

Природні екосистеми виникають і розвиваються природним шляхом без прямого впливу людини. Вони є результатом еволюційних процесів, що відбуваються протягом тривалого часу. У штучних екосистемах людина має активну роль у створенні та управлінні. Вони створюються з метою задоволення певних потреб людини, таких як, наприклад, сільське господарство, міська забудова, віртуальне навчальне середовище та ін.

Склад та різноманітність:

Природні екосистеми характеризуються великим різноманіттям видів рослин, тварин та мікроорганізмів, що існують у природних умовах. Вони утворюють складні взаємозв'язки та залежності, що підтримують баланс екосистеми. Штучні екосистеми, у свою чергу, зазвичай мають менший рівень різноманітності, оскільки вони часто спрямовані на певні цілі та функції, і відрізняються більш однорідним складом організмів.

Стійкість:

Природні екосистеми мають тенденцію до стійкого функціонування та самовідновлення після змін або дестабілізації. Вони здатні адаптуватися до змін у середовищі та підтримувати екологічний баланс. Штучні екосистеми можуть бути більш вразливими та менш стійкими до змін, оскільки їх структура та функціонування можуть бути штучно змінені та залежать від зовнішнього втручання.

Екологічні послуги:

Природні екосистеми забезпечують ряд екологічних послуг, які є важливими для життя людей та всього біорізноманіття. Це включає постачання прісної води, полінаторів для рослин, регулювання клімату, очищення повітря та ґрунту від забруднень тощо. Штучні екосистеми можуть також надавати певні послуги, але їхні можливості обмежені та залежать від активності та управління людьми.

Екологічний вплив:

Природні екосистеми мають природну здатність до саморегуляції та збереження екологічної рівноваги. Вони забезпечують екологічні процеси, такі як кругообіг поживних речовин, регулювання клімату та утримання води в екосистемі. Штучні екосистеми, навпаки, можуть мати більший екологічний вплив, оскільки вони часто вимагають інтенсивного управління та залучення ресурсів, щоб зберігати свою структуру та функції.

Ризик збою та негативні наслідки:

Природні екосистеми зазвичай мають вбудовану резистентність до різних випадків, таких як хвороби, шкідники або природні катаклізми. Вони можуть компенсувати зміни і відновлювати свою рівновагу. У штучних екосистемах велика залежність від інтервенцій та контролю людей може призвести до значного ризику виникнення збоїв та негативних наслідків, які можуть вплинути на екосистему та оточуюче середовище.

Використання ресурсів:

Природні екосистеми ефективно використовують ресурси, такі як сонячна енергія, вода та поживні речовини, для підтримки життя всередині екосистеми. Штучні екосистеми можуть потребувати додаткового внеску ресурсів та енергії для забезпечення своєї функціональності та продуктивності.

Соціальний вплив:

Природні екосистеми також мають велике соціальне значення, оскільки вони надають простір для рекреації, душевного благополуччя та зв'язку з природою. Вони відіграють важливу роль у збереженні біорізноманіття та здоров'я екосистеми. У штучних екосистемах соціальний вплив може бути менш помітним, оскільки їх головним призначенням є задоволення певних людських потреб.

Отже, існування, діяльність та взаємодія акторів може відбуватися за *системним чи екосистемним принципом*, або в проміжних варіантах. Ці принципи можуть приводити до протилежних результатів за ключовими ознаками, за якими розрізняються системи та екосистеми:

- стійкість
- крихкість
- генетична множинність (різноманіття)

- кругообіг (матерії, інформації, ресурсів)
- продуктивність
- залежність від людини (зовнішнього управління та впливу)

При створенні штучних екосистем (а екосистема освіти штучна) правильне поєднання системних та екосистемних принципів може забезпечити оптимальні значення показників (стійкість, хрупкість та ін.).

Таким чином, пропонуються наступні кроки при проєктуванні та створенні екосистеми (зокрема освітньої):

- Визначити перелік важливих екосистемних показників створюваної системи.
- Визначити бажаний діапазон значень обраних показників.
- Створити імітаційну модель проєктованої екосистеми.
- Перевірити на моделі відповідність значень обраних показників заданим.
- Перейти до створення екосистеми.

2.9. МОДЕЛЬ НАВЧАЛЬНОЇ ЕКОСИСТЕМИ НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Як зазначається вище, навчальний заклад не може бути екосистемою, але він може бути частиною освітньої екосистеми. На жаль, реалізувати в повному обсязі рекомендований алгоритм створення навчальної екосистеми не є можливим, бо ще не розроблені відповідні адекватні імітаційні моделі. Ми можемо лише висувати гіпотези, робити припущення та визначати те, що буде необхідно для моделювання.

У таблиці 6 ми пропонуємо перелік показників, що вважаємо суттєвими для аналізу освітньої екосистеми.

Таблиця 6.

Перелік показників для аналізу освітньої екосистеми

№	Назва показника	Опис
1	Стійкість (P1)	Здатність системи самостійно відновлювати свій стан після зовнішніх або внутрішніх флуктуацій. Стійкість тим вище, чим більші впливи система може самостійно подолати.
2	Крихкість (P2)	Наявність впливів або ситуацій, внаслідок яких система втрачає свої основні властивості. Чим більше таких ситуацій потенційно можливо та чим вони вірогідніше, тим система більш хрупка.

№	Назва показника	Опис
3	Генетична множинність (P3)	Різноманіття акторів системи, що відтворюється в процесі її існування.
4	Внутрішній кругообіг (P4)	Показує ступінь замкненості системи. Максимальний кругообіг – це, коли все, що виробляється в системі в ній же і споживається. Мінімальний – це, коли все, що споживається поступає ззовні, а все, що виробляється уходить назовні.
5	Продуктивність (P5)	Для біологічних екосистем – це кількість створеного біологічного матеріалу на одиниці площі за одиницю часу. Для освітньої системи – це може бути кількість навчання (доданої навченості) за одиницю часу.
6	Питома продуктивність (P6)	Для освітньої екосистеми – це може бути кількість навчання (доданої навченості) за одиницю часу для одного учасника.
7	Ефективність (P7)	Продуктивність по відношенню до використаних учасниками системи ресурсів.
8	Залежність від людини (P8)	Наскільки екосистема залежить від людини. Біологічні системи можуть бути повністю незалежні. Що стосується освітніх потрібно розбиратися.

Для спрощення розгляду якісної моделі будемо вважати що всі показники нормовані та приймають значення в діапазоні (1:10). Позначимо через S індекс екосистемності. Значення $S=1$ означає, що це система, а значення $S=10$, що це екосистема. Всі проміжні значення S відповідають гібридним варіантам, коли присутні екосистемні та системні елементи.

Визначимо бажані значення цих показників. Очевидно, що бажано максимізувати стійкість (P1), продуктивність (P5), питому продуктивність (P6), ефективність (P7) та мінімізувати хрупкість (P2). Генетична множинність (P3) зазвичай, чим вона вище, тим система більш стійкіша та одночасно менш продуктивна. Стосовно кругообігу (P4) необхідно диференціювати, про які об'єкти кругообігу йде мова. Ідеально, коли мінімум поступає ззовні, назовні видається тільки бажана продукція екосистеми, а все інше переробляється в середині екосистеми. Наприклад, для освітньої екосистеми основною продукцією є додаткова навченість.

Проблема в тому, що всі ці показники взаємозалежні. Вони залежать від конструкції екосистеми і не можуть бути забезпечені незалежно один від одного. Тому, наприклад, максимізація продуктивності може призвести до зменшення стійкості, або максимізація продукції, що видається назовні, може призвести до самоліквідації екосистеми (наприклад, для освітньої системи, якщо всі, хто навчився уходять із освіти).

Усі ці взаємовідносини показників потребують детального вивчення та можуть бути визначені, наприклад, засобами імітаційного моделювання. Таке моделювання можливо провести, наприклад, в середовищі STELLA ([Stella Online \(iseesystems.com\)](http://iseesystems.com)) або AnyLogic ([AnyLogic: Simulation Modeling Software Tools & Solutions for Business](http://www.anylogic.com)).

У разі наявності такої моделі, ми можемо оцінити значення цільових показників для конкретної конфігурації екосистеми. Сенс застосування моделі для навчального закладу в тому, що він може оцінити ефект від нововведень з урахуванням зовнішньої екосистеми.

Ми розглядаємо навчальний заклад як частину освітньої екосистеми. Вважається, що ми можемо робити зміни тільки в рамках навчальних закладів.

Далі розглянемо пропозицію яка може покращити екосистемні показники системи освіти. Вона може бути застосована, як в закладах освіти, так і поза ними. Вбачається, що пропозиція буде актуальною для лабораторних експериментів (*фізика, хімія, біологія*), при вивченні *технологій*, для гурткової роботи учнів та в фаблабах. Також це може бути застосовано для позашкільної освіти та навчання хоумскулерів.

Кроки покращення екосистемності системи освіти.

КРОК 0. Загальна ідея.

Створюється екосистема робочих станцій (Ecosystem Work Stations (EWS)). Ця екосистема складається з реальних (RealReality) робочих станцій (WS) та їх віртуальних (VR) квазівідображень. Ідея полягає в тому, що деякі дії з RR можна перенести у VR. Тобто, якщо людина хоче прийти працювати у певну робочу станцію (наприклад, гончарну), вона може спочатку прийти до віртуальної копії. Віртуальна копія може бути повноцінною інтерактивною 3D-2D моделлю або іншим інформаційним ресурсом з необхідною функціональністю та змістовим наповненням. Багато питань можна досліджувати та опанувати віртуально. Після цього людина розуміє, що і як вона буде робити на реальній робочій станції.

КРОК 1. Прототипи.

Розробляються в матеріалі прототипи робочих станцій (WS) певного спрямування (наприклад, фізика, хімія, біологія, технологія, папір, кераміка, дерево, метал, художні, електрика тощо). Це має бути одне невелике робоче місце з усіма мінімально необхідними інструментами, матеріалами, допоміжним

обладнанням та інструктивними матеріалами. Цього цілком достатньо для перших кроків і подальшого самостійного руху.

Зрозуміло, що у таких робочих місць є певні функціональні обмеження.

КРОК 2. Інформаційна інфраструктура.

Далі створюється інформаційна інфраструктура підтримки екосистеми WS (робочих станцій). Це інтерактивні бази даних, які містять всю необхідну інформацію про WS та технології роботи з ними. Зокрема там є:

Перелік усіх WS (List of Labs) з їх описом та класифікаційними ознаками.

Таблиця артефактів (Artefacts). Тут перелічені всі артефакти усіх лабораторій простору. Доступні фільтри, сортування та швидкий пошук. Ви можете запропонувати додати свої артефакти.

Як зробити (HowToDo). База даних коротких алгоритмів “Як робити”.

Кейси (Cases). Описуються конкретні кейси (випадки) з посиланням, як їх виконувати, умовами виникнення та очікуваними результатами.

Правила (Rules). Тут зберігаємо усі правила. Як загальні, так і правила окремих просторів, персон та артефактів.

Інтереси (Interest). Перелік інтересів учасників. Учасники вибирають інтереси, які вони проявляють. Якщо необхідного інтересу немає, то його можливо додати.

Уміння (Skills). Повний перелік (бібліотека) потенційних skills учасників. Учасники вибирають skills, які вони мають або бажають отримати. Якщо необхідного skill немає, то його можливо додати. Також тут фіксується, які skills можливо здобути у відповідних лабораторіях. Є зв'язок між інтересами та skills. Учасники можуть за бажанням моніторити розвиток своїх skills.

Освітні патерни (Patterns) [80]. Освітні патерни надають вчителям приклади навчальних дизайнів і мову для створення нових навчальних дизайнів. Гібридні освітні шаблони, засновані на цінностях, орієнтовані на баченні учасників. Вони не будуються ізольовано від інших учасників. Кожен окремий патерн відформатовано таким чином, щоб інші могли його оцінити та, можливо, змінити, не втрачаючи його суті. Освітні патерни є прикладами освітнього дизайну, який функціонує як представлення того, як підтримувати навчання в конкретних випадках. Вони мають процедурний характер і завжди відкриті для подальшого вдосконалення.

Форма освіти (EduForma). Морфологічна таблиця проектування форм освіти. Кожний стовпець містить певну суттєву ознаку форми освіти. Наприклад, хто обирає *мету*, *програму*, *контент*, хто проводить *навчання*. Потенційно, можна додавати стовпці з ознаками. Користувач може “конструювати” свою власну (бажану) систему навчання, обираючи певні значення ознак.

Події (Events). Відображаються минулі, поточні та майбутні події в WS. Доступний наскрізний пошук за фільтрами та контекстом в усіх лабораторіях.

Морфологічна матриця WS (morphological matrix). Морфологічна матриця – це комплексний методичний прийом. За цим прийомом об'єкт розкладається на складові значущі параметри. Ці параметри є факторами/показниками об'єкту і мають бути незалежними один від одного. Дидактична мета застосування морфологічної матриці полягає в тому, щоб через перекриття полів уявити собі в повному обсязі об'єкт, а також сприяти розвитку здатності вирішувати проблему за допомогою структурування та примусового з'єднання. Методична мета полягає у визначенні варіантів розв'язання проблем.

Знання (Knowledge). База даних знань, які необхідні для діяльності у відповідних лабораторіях.

Мапа WS (LabMaps). Представляється у вигляді таблиці або маінд мапи. Відображає загальну структуру предметної галузі певного WS. Кожному структурному елементу співставлено унікальний номер. Безпосередні зв'язки між елементами відображені через посилання. Також з кожним елементом пов'язані посилання на таблиці HowToDo, Rules, Knowledge, Artefact та іншими.

Знаки (Signs). Уніфіковані (рекомендовані) інформаційні позначення, які застосовуються в усіх лабораторіях, як у RR, так і у VR.

Персональне навчальне середовище (PLE). Це рефлексивне та візуально організуюче середовище, що допомагає учням визначити джерела інформації, або інструменти, чи окремі особи, які можуть допомогти їхньому розвитку та зростанню в майбутньому.

КРОК 3. Перші користувачі.

Для того, щоб екосистема робочих станцій запрацювала, необхідні користувачі. Вони можуть бути з числа ентузіастів, або залучені на комерційних умовах. Перелік ролей необмежений. Він буде формуватися поступово в залежності від попиту на певний функціонал. Звісно, будуть ті, хто створює нові робочі станції, хто наповнює їх контентом, хто навчається за цим контентом, хто допомагає навчатись та інші.

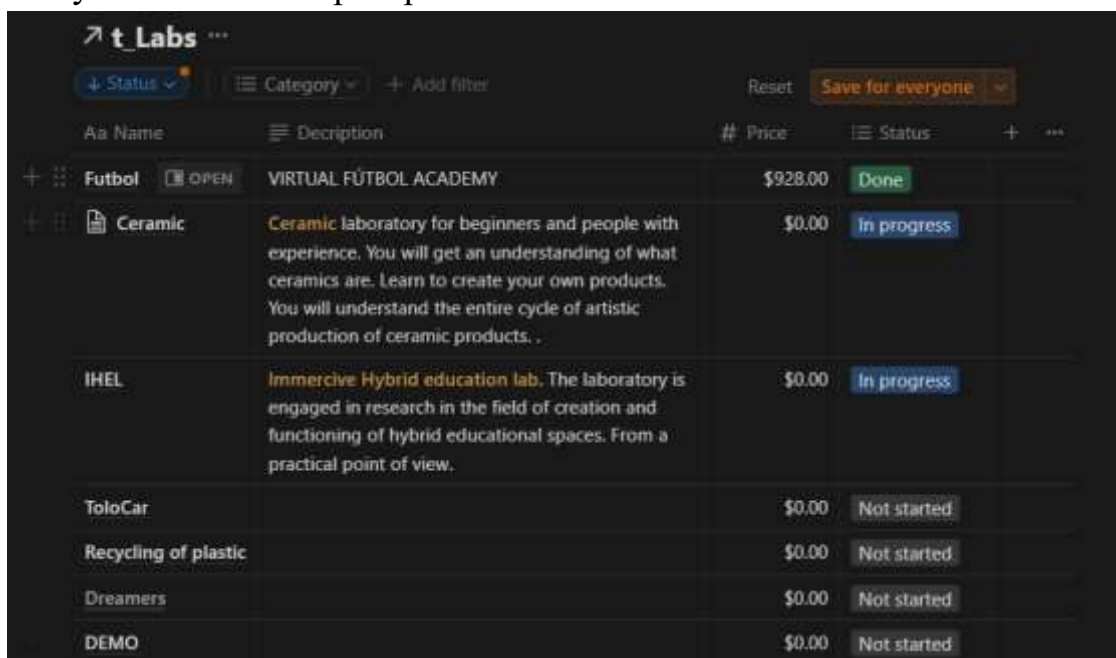
КРОК 4. Стартове наповнення контентом.

Стартове наповнення контентом відбувається ентузіастами ініціаторами. Створенням нової WS-Lab займається особа або команда з умовною назвою WS-Creator. За функціоналом, у членів команди мають бути представлені наступні skills: *дизайн, IT, VR, розуміння предметної галузі*, тощо.

Основою для побудови WS-Lab є створення та наповнення *інформаційної інфраструктури*. Для цього ми використовуємо потужне та гнучке середовище notion.so (<https://www.notion.so/>). Воно дозволяє динамічно створювати та

модифікувати бази даних безпосередньо в процесі роботи. Це дуже зручно в умовах невизначеності та мінливості.

Формально, створення WS-Lab починається з запису у таблицю **Labs** (рис. 32). Заповнюються всі відомі поля. Те, що на даний момент не визначено залишається пустим. Таблиця **Labs** об'єднуюча таблиця для всієї екосистеми **EWS**. Через неї користувачі можуть подивитись які робочі станції присутні в екосистемі, їх опис, статус та умови застосування. Доступні фільтри та текстовий пошук. Безпосередньо з цієї таблиці можна перейти за посиланням прямо в необхідний WS-Lab. Доступна форма – це форма, через яку будь-хто може запропонувати свою лабораторію.



Name	Description	Price	Status
Futbol	VIRTUAL FÚTBOL ACADEMY	\$928.00	Done
Ceramic	Ceramic laboratory for beginners and people with experience. You will get an understanding of what ceramics are. Learn to create your own products. You will understand the entire cycle of artistic production of ceramic products. .	\$0.00	In progress
IHEL	Immercive Hybrid education lab. The laboratory is engaged in research in the field of creation and functioning of hybrid educational spaces. From a practical point of view.	\$0.00	In progress
ToloCar		\$0.00	Not started
Recycling of plastic		\$0.00	Not started
Dreamers		\$0.00	Not started
DEMO		\$0.00	Not started

Рис. 32. Фрагмент таблиці Labs переліку робочих станцій.

Далі розробляється майнд-мапа створюваної робочої станції. В мапі відображаються всі основні сутності та процеси, які існують в WS-RR-Lab та потенційно можуть бути реалізовані у WS-VR-Lab. В мапі ведеться наскрізна нумерація елементів. На даному етапі ще не зрозуміло, які категорії об'єктів розглядаються, тому наскрізна нумерація допоможе правильно структурувати інформацію. Ключовою особою при створенні майнд-мапи WS-VR-Lab є фахівець з відповідного WS-RR-Lab. Зазвичай, робота виконується легше та швидше, якщо фахівець створює мапу за певним алгоритмом в режимі питань/відповідей. Наприклад, може бути така послідовність (вона може бути доповнена) дій:

Сформулюйте ціль даної WS-RR-Lab. Навіщо вона потрібна. Можна спробувати заповнити морфологічну матрицю потенційних виробів даної лабораторії.

Перелічіть усі функціональні зони WS-RR-Lab.

Для кожної функціональної зони перелічіть усі артефакти (інструменти, обладнання, матеріали, тощо).

Перелічіть відомі ролі та функції учасників.

Перелічіть основні технологічні процеси та взаємодії.

Перелічіть базові технологічні етапи для кожного процесу.

Для кожного технологічного етапу перелічіть ключові *операції, матеріали, обладнання, інструменти*.

Після цього можемо зробити “живу” майнд-мапу в будь-якому редакторі майнд-мап (рис. 33). Наприклад, у середовищі MindMap for Google Drive.



Рис. 33. Зразок «живої» майнд-мапи

Під час заповнення «живої» майнд-мапи уточнюються структурні елементи та зв'язки між ними.

На основі майнд-мапи заповнюється таблиця артефактів t-Artefacts (Рис.34).

t_Artefacts					
Aa №	NameUkr	Descripti...	Lab	Category	#
Glaze	Полива		Ceramic	Materials	
Spk OPEN	Ложка		Ceramic	Зразок	
Plate	Тарілка		Ceramic	Зразок	
A mug	Кружка		Ceramic	Зразок	
Drying cabinet	Сушильна шафа		Ceramic	Accessories	
Potter's wheel	Гончарне коло		Ceramic	Accessories	
A bowl for wat	Чаша для води		Ceramic	Tools	
Gupka	Гупка		Ceramic	Tools	
COUNT 2418					

Рис. 34. Зразок таблиці артефактів t-Artefacts

В таблиці артефактів перелічені всі артефакти усіх WS-VR-Lab екосистеми EWS. Доступні фільтри та сортування за категорією, темою, назвою WS-VR-Lab, способами діяльності (HowToDo). Це дозволяє швидко дослідити однакові артефакти в різних WS-VR-Lab та способах діяльності з ними. Є можливість реєстрації взаємозв'язків в таблиці взаємозв'язків між артефактами. Це поступово формує хмару артефактів.

Зазвичай розробники не можуть врахувати все на етапі розробки, тому є можливість користувачу запропонувати додати свої артефакти через відповідну форму. Згодом таблиця артефактів може бути доповнена (по сутностям), виправлена та доповнена медіа файлами. З часом починає працювати синергетичний-екосистемний ефект. Чим більша кількість WS-VR-Lab створена, чим різноманітніший їх опис, тим легше створювати нові за рахунок повторного використання вже існуючих елементів.

Таблиця артефактів є інформаційною основою для побудови та наповнення WS-VR-Lab. Кожний артефакт описується за можливості повно. Потім цей опис може бути доповнений та виправлений. Медіа файли створюються максимально інформативно та без зайвих контекстів.

Наступним кроком заповнюється таблиця **LabMaps** (рис. 35). Вона відображає загальну структуру предметної галузі певної лабораторії. Кожному структурному елементу співставлений унікальний номер. Безпосередні зв'язки між елементами відображені через посилання. Також з кожним елементом пов'язані посилання на таблиці HowToDo, Rules, Knowledge, Artefact та іншими. Для певної WS-VR-Lab вона фіксує наявність взаємозв'язків між різними артефактами. Доступно відображати зв'язки між артефактами, HowToDo, Rules, Knowledge різних WS-VR-Lab.

Name	# Number	Lab	Related t_LabMaps
Кераміч ☐ OPEN в	1	Ceramic	Художній образ Технологія створення Інсталяція
Художній образ	2	Ceramic	Керамічний шедевр Ідея Ергономічність
Технологія створення	3	Ceramic	Керамічний шедевр Ергономічність Технологія приготування керамічних мас Техніки формотворення Технологія виготовлення покрасочних матеріалів Техніки декорування Технологія випалу Техніка безпеки Технологія виготовлення допоміжних

COUNT 114

Рис.35. Зразок таблиці **LabMaps**

Для кожної WS-VR-Lab окремо створюється таблиця “**Морфологічна матриця**”. Пропонується формувати назву таблиці за схемою ММ+<назва лабораторії>. Наприклад, для лабораторії Ceramic морфологічна матриця буде мати назву **ММ-Ceramic** (рис. 36). Сенс у тому, що в ній у якості *властивостей* (стовпці) прописуються назви важливих елементів (параметрів) виробу. Наприклад, для кераміки – це *колір, форма, технологія*, тощо. Цей набір важливих параметрів різний для різних WS-VR-Lab, тому морфологічна матриця індивідуальна для кожної WS-VR-Lab.

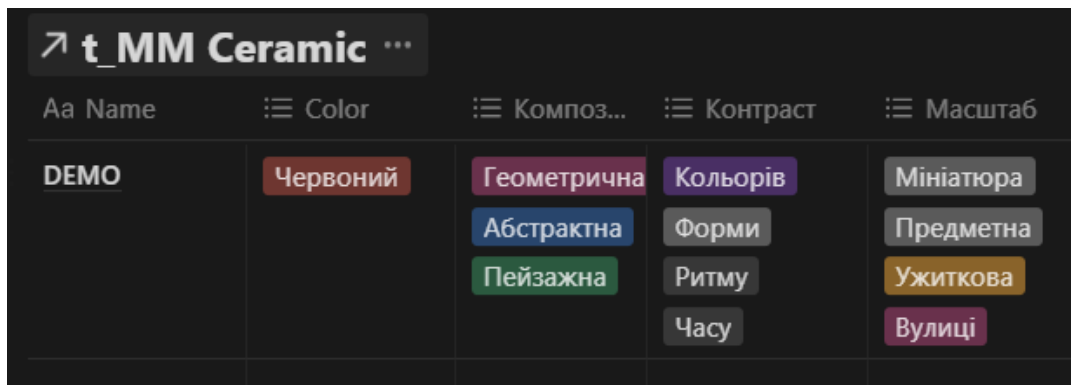


Рис. 36. Зразок морфологічної матриці **ММ-Ceramic**

Кожен користувач за допомогою морфологічної матриці може швидко сформулювати свій запит або бачення своєї взаємодії з WS-VR-Lab.

Після осмислення суті та інформаційної структури WS-VR-Lab можемо приступати до проектування геометрії WS-VR-Lab. Зразок схеми Ceramic-Lab на рис. 37.

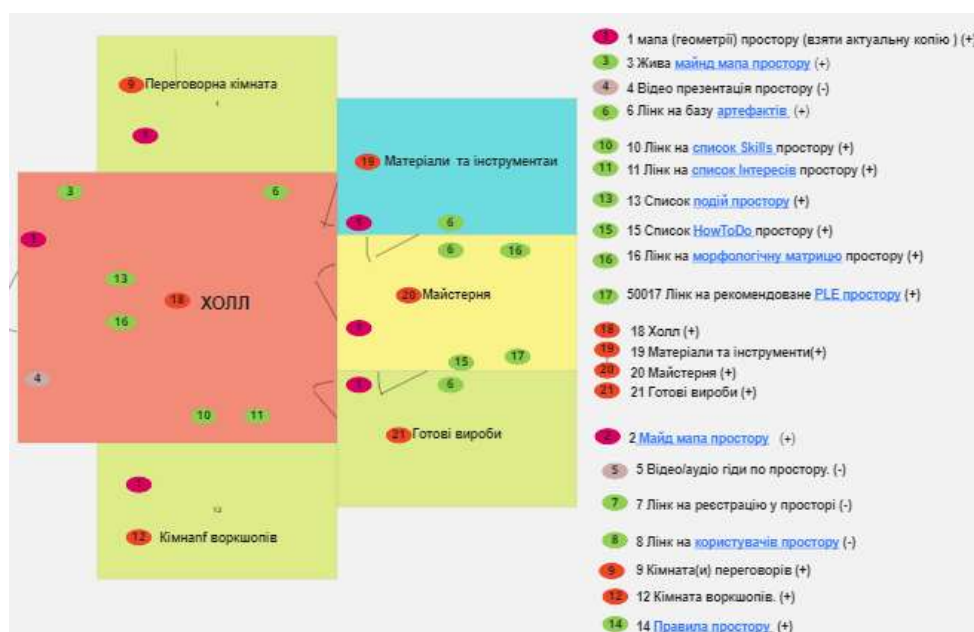


Рис. 37. Зразок 2D схеми Ceramic-Lab.

На цьому етапі малюється геометрична схема простору в масштабі. Вказуються кімнати, їх назви, сполучення, загальна площа та висота стін. Це необхідно для розуміння, які артефакти можуть бути розташовані в просторі та вибору місця розташування. Зручно таку схему намалювати в середовищі <https://miro.com/> чи <https://sketchfab.com/>.

Сучасні системи створення VR, наприклад, hubs.mozilla, мають певні обмеження щодо кількості об'єктів в віртуальному представленні та детальності їх відображення. Практика показує, що для широкого застосування доцільно використовувати браузерний варіант відображення віртуальної реальності. Це теж накладає певні обмеження. Тому дуже важливо на цьому етапі визначити тип, перелік та кількість артефактів, які мають бути розміщені в WS-VR-Lab, та спосіб їх подання. Можливо деякі об'єкти краще подавати у вигляді фото та відео. Можемо виділити наступні **типи** артефактів для розміщення в WS-VR-Lab:

Інформаційно-навігаційні позначення. Рекомендується у всіх WS-VR-Lab застосовувати єдиний перелік навігаційних позначень, але в кожному просторі можуть бути ще додатково свої спеціальні позначення. Всі навігаційні позначення зберігаються у єдиній базі (Signs).

Лінки на зовнішні джерела. Це лінк на звичайний сайт або додаток.

QR коди. Лінк через QR код.

Фото, фото-лінки. Просте фото або фото з лінком. Наприклад, коли ми посилаємось на таблицю артефактів, то фото зручно повідомляє про що йде мова.

Відео. Відео, яке закріплене на об'єкті в просторі, що можна там переглядати.

Інтерактивні об'єкти. Об'єкти, які певним чином можуть взаємодіяти з відвідувачами простору або іншими об'єктами. Наприклад, голосове повідомлення при наближенні до об'єкту чи перетині кордону кімнати.

3D моделі. Моделі розташовані в просторі, з якими можна взаємодіяти.

Програмні засоби з інтерфейсом розташованим в середовищі WS-VR-Lab. Наприклад, програма рішення кросвордів чи тестів, або взаємодія з ШІ (штучним інтелектом).

Актори. Відвідувачі простору, які можуть рухатись, взаємодіяти з іншими відвідувачами та об'єктами.

З урахуванням всіх обставин з'ясовуємо обмеження середовища, яке ми використовуємо для створення WS-VR-Lab, а саме:

Допустима кількість об'єктів;

Допустима кількість елементів;

Допустима кількість персонажей.

Для всіх *типів* артефактів прелічуємо конкретні артефакти, які ми плануємо розмістити у WS-VR-Lab (рис. 37, права колонка). Обов'язково вказуємо показники, стосовно яких є обмеження середовища розробки (кількість елементів, площа, та ін.). Робимо загальні підрахунки та порівнюємо з обмеженнями. Якщо обмеження перевищені, то необхідно або скорочувати перелік артефактів, або вибрати інший інструмент створення VR чи пакет застосування.

Для зручності створення VR-Lab можна дотримуватись наступного переліку пропонованих елементів:

Мапа (геометрії) лабораторії.

Майд-мапа сенсів лабораторії – зміст та зв'язки.

Перелік умовних позначень.

Відео презентація лабораторії.

Відео/аудіо гід по лабораторії.

Лінк на базу артефактів.

Лінк на реєстрацію у лабораторії.

Лінк на перелік користувачів лабораторії.

Кімната(и) переговорів.

Лінк на список Skills лабораторії.

Лінк на список Інтересів лабораторії.

Кімната воркшопів.

Список подій лабораторії.

Правила лабораторії.

Список HowToDo лабораторії.

Лінк на морфологічну матрицю лабораторії.

Лінк на рекомендоване ПНС (персональне навчальне середовище) лабораторії.

Після цього можемо розмістити артефакти на схемі (рис. 37). На цьому етапі інформації достатньо для передачі фахівцю з роботи над VR для створення WS-VR-Lab у 3D.

Пошук та вибір готового темплейту простору відповідно до сформованих вимог. Очевидно, що кожний раз створювати VR-Lab з нуля досить трудомістко, тому рекомендується брати за основу вже створені WS-VR-Lab або спеціальні темплейти. Робимо копію темплейту та переносимо всі елементи з схеми на VR-Lab. В результаті маємо готову для апробації та початку роботи WS-VR-Lab (рис. 38).



Рис. 38. Готова для апробації VR-Lab.

КРОК 5. Поточна діяльність.

Узагальнений шлях користувача в лабораторії може виглядати наступним чином (Рис. 39):

Вибір WS-VR-Lab.

Оглядове знайомство.

Визначення власного проекту для реалізації.

Розроблення плану реалізації проекту.

Теоретична підготовка до реалізації проекту, навчання.

Пошук та вибір WS-RR-Lab для реалізації проекту.

Реалізація проекту в обраній WS-RR-Lab.

Відображення результатів виконання проекту в WS-VR-Lab.

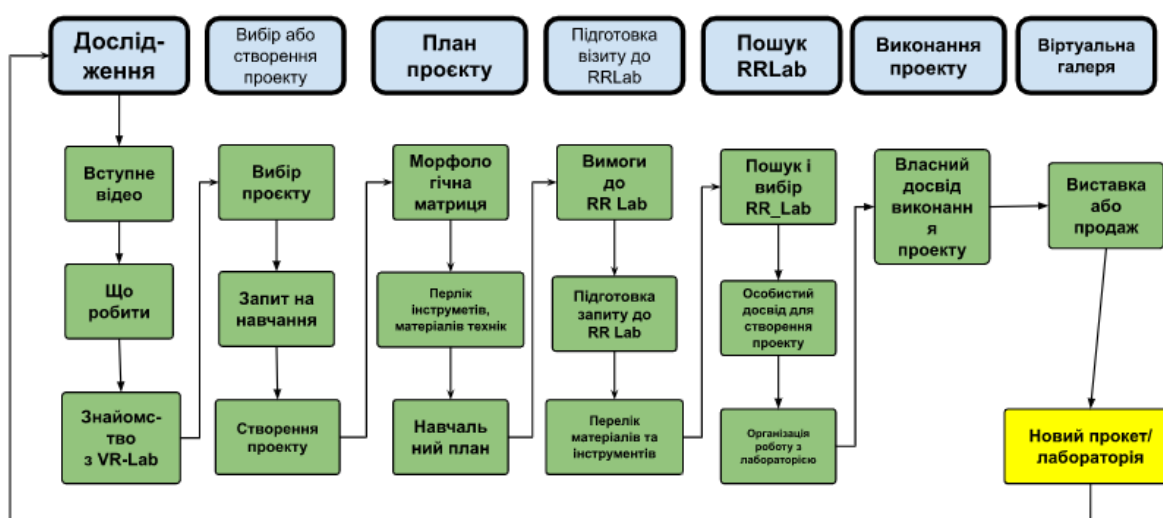


Рис. 39. Узагальнений шлях користувача

Кейси.

Кейси лабораторних експериментів (фізика, хімія, біологія), при вивченні технологій, для гурткової роботи учнів та в фаблабах.

Кейс №1 (лабораторні експерименти).

Учень самостійно, або в межах планових занять, має провести певний лабораторний експеримент. Передбачається, що в середовищі EWS є відповідний WS-VR-Lab та WS-RR-Lab, де описаний необхідний експеримент. Далі розглянемо, як це відбувається на прикладі експериментів з фізики. Маємо WS-VR-Lab “Домашні експерименти” (HomeExp) (рис.1), де є галерея доступних експериментів. Учень вибирає необхідний для нього домашній експеримент. Нехай це буде перший “Як виникають хмари?”. Йому відкривається повний опис експерименту (рис. 40-46). Все це доступно для перегляду з будь-яких девайсів. Учень має можливість ознайомитися з усіма матеріалами в зручний для нього час. Виконувати дослід він може в школі або дома. Також є можливість комунікувати з приводу цього дослід з іншими учасниками в спеціальному чаті в Discord. За необхідності до цього обговорення може доєднатись вчитель або тьютор.

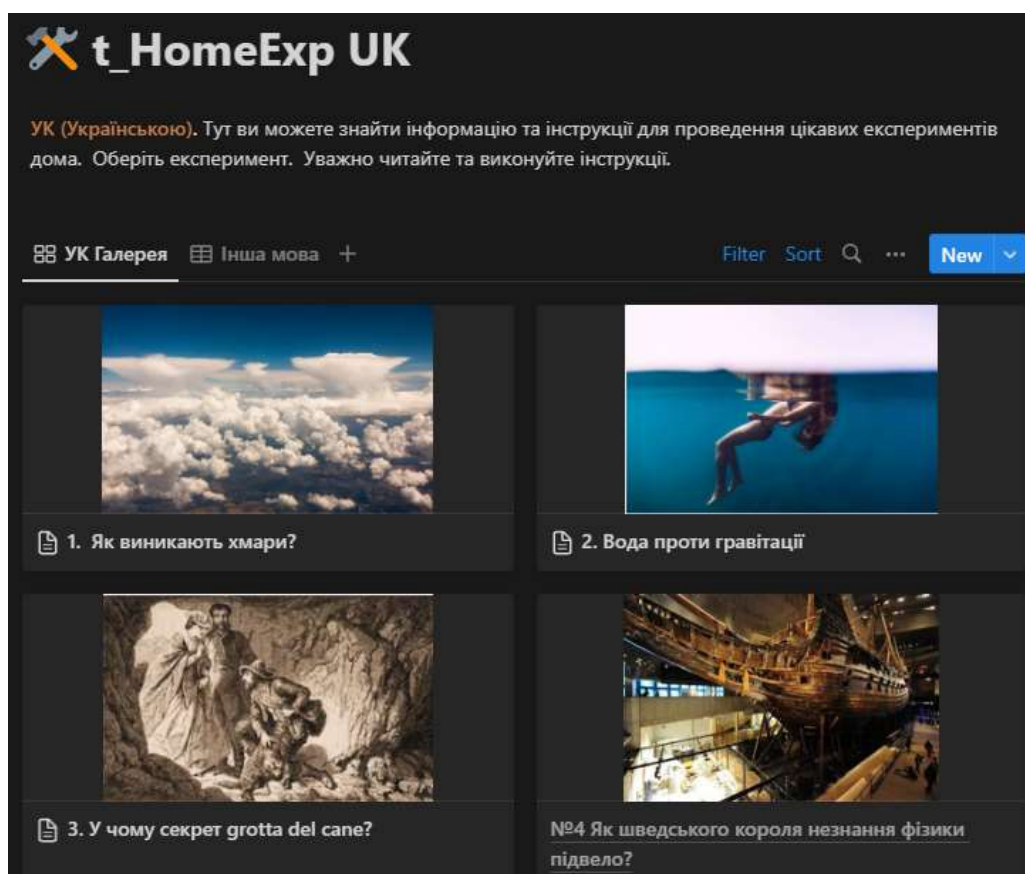


Рис. 40. Галерея домашніх експериментів.

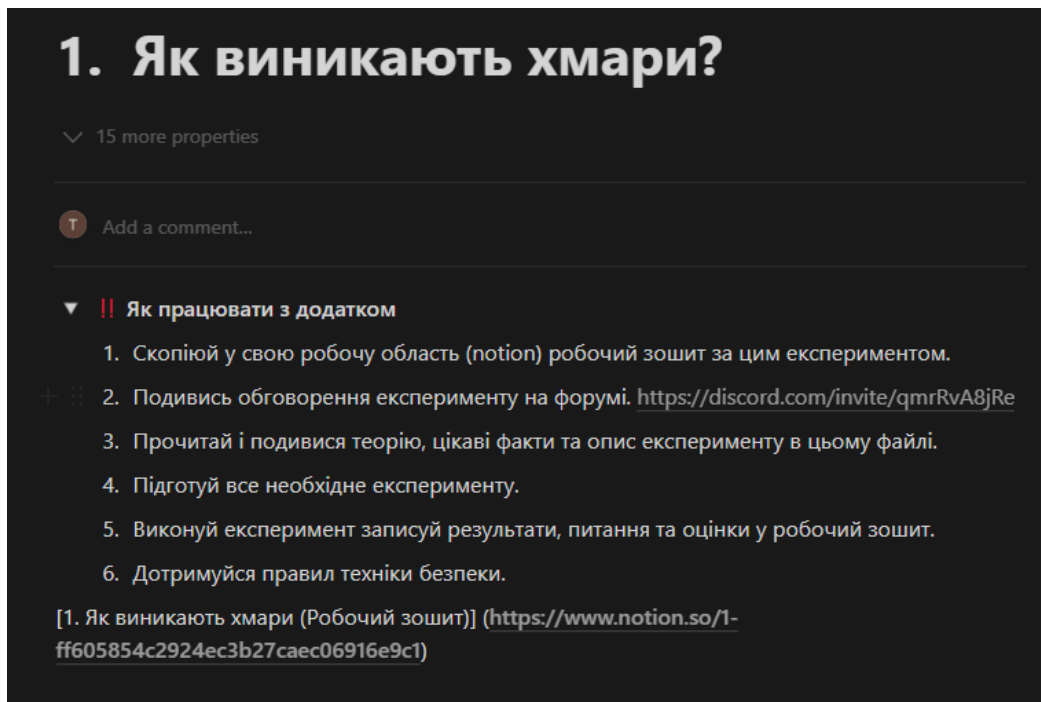


Рис. 41. Загальні рекомендації для проведення експериментів.

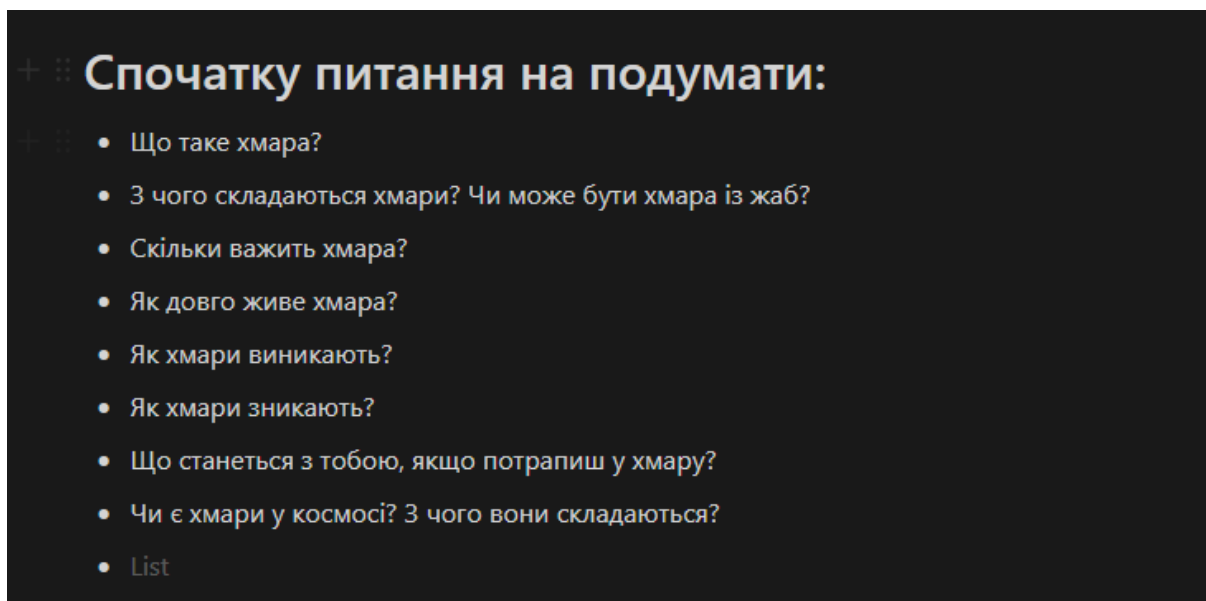


Рис. 42. Ввідні питання для активізації інтересу.

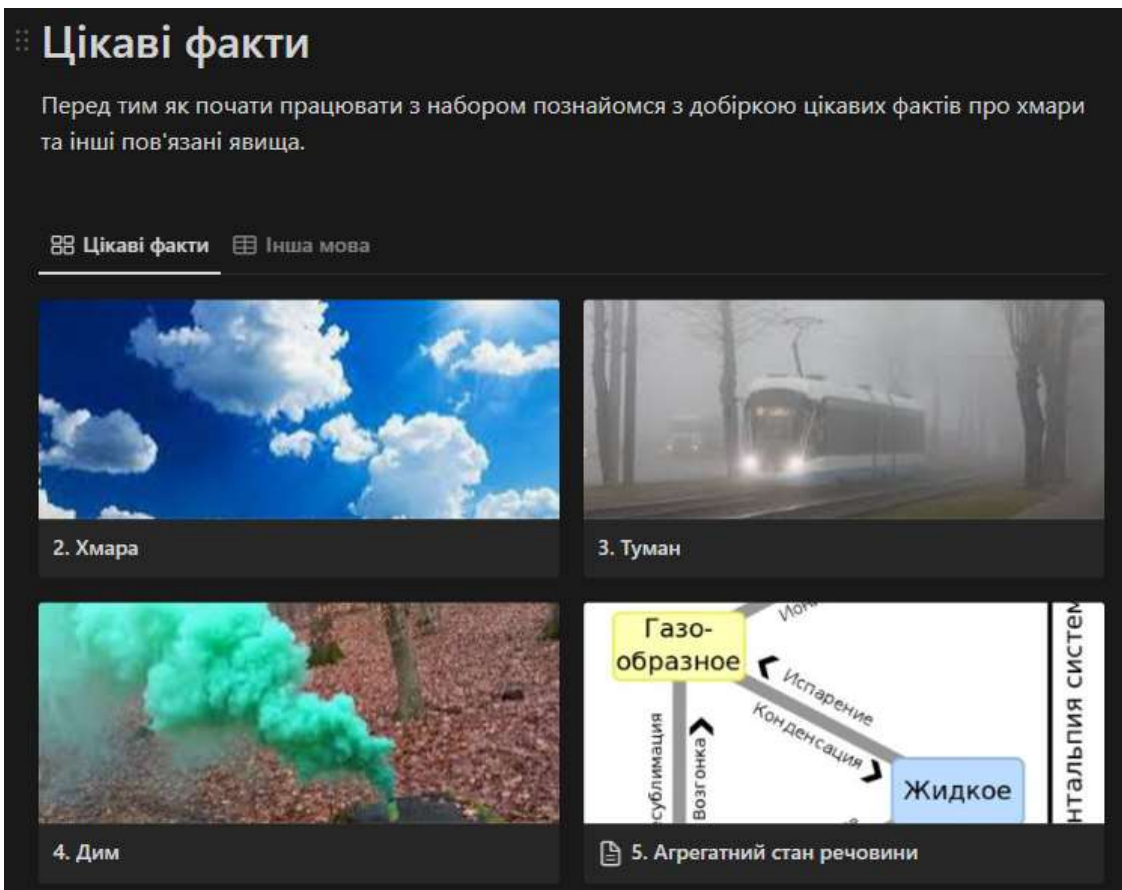


Рис. 43. Галерея цікавих фактів з теми дослідження.

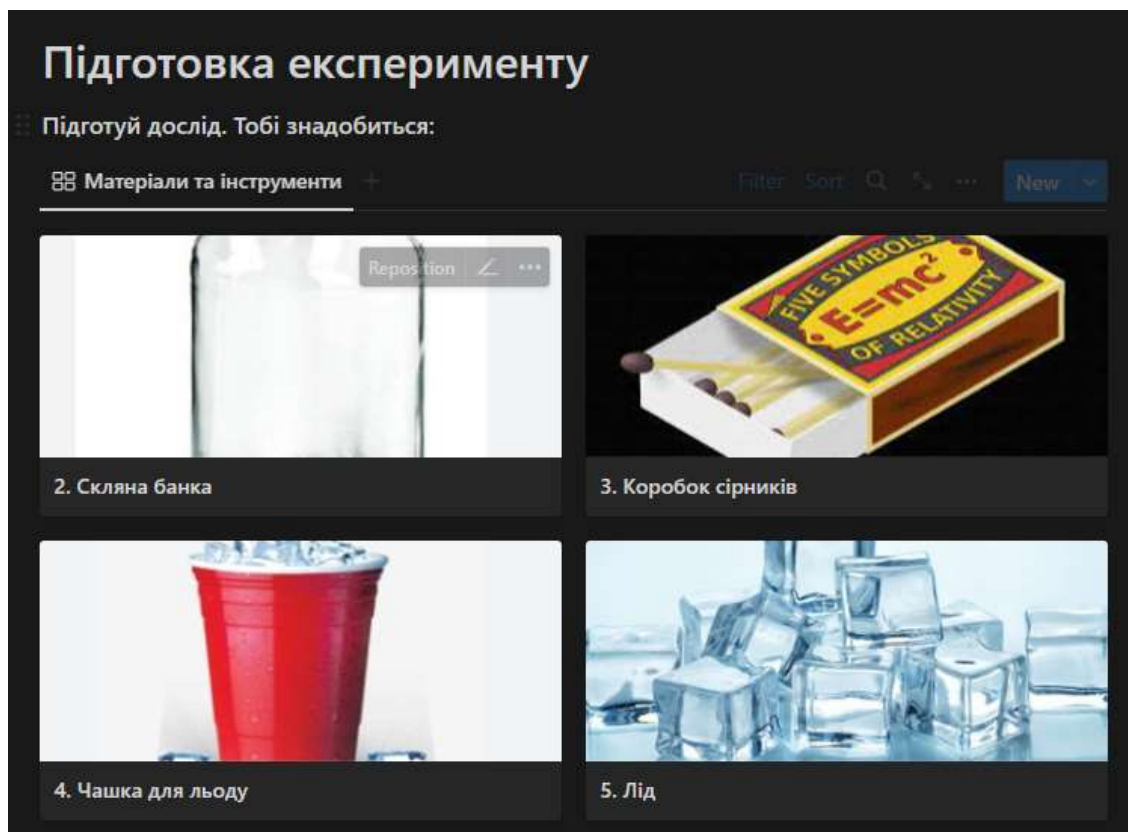


Рис. 44. Повний перелік необхідних матеріалів та обладнання.

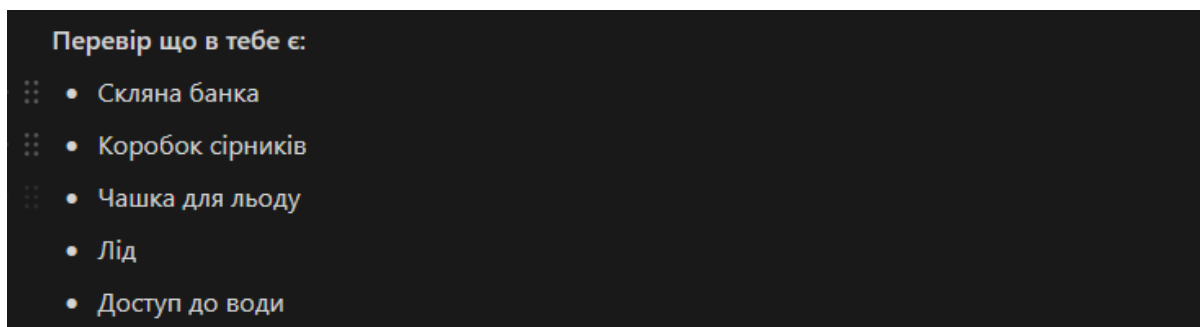


Рис. 45. Перевіряємо, що все необхідне є.

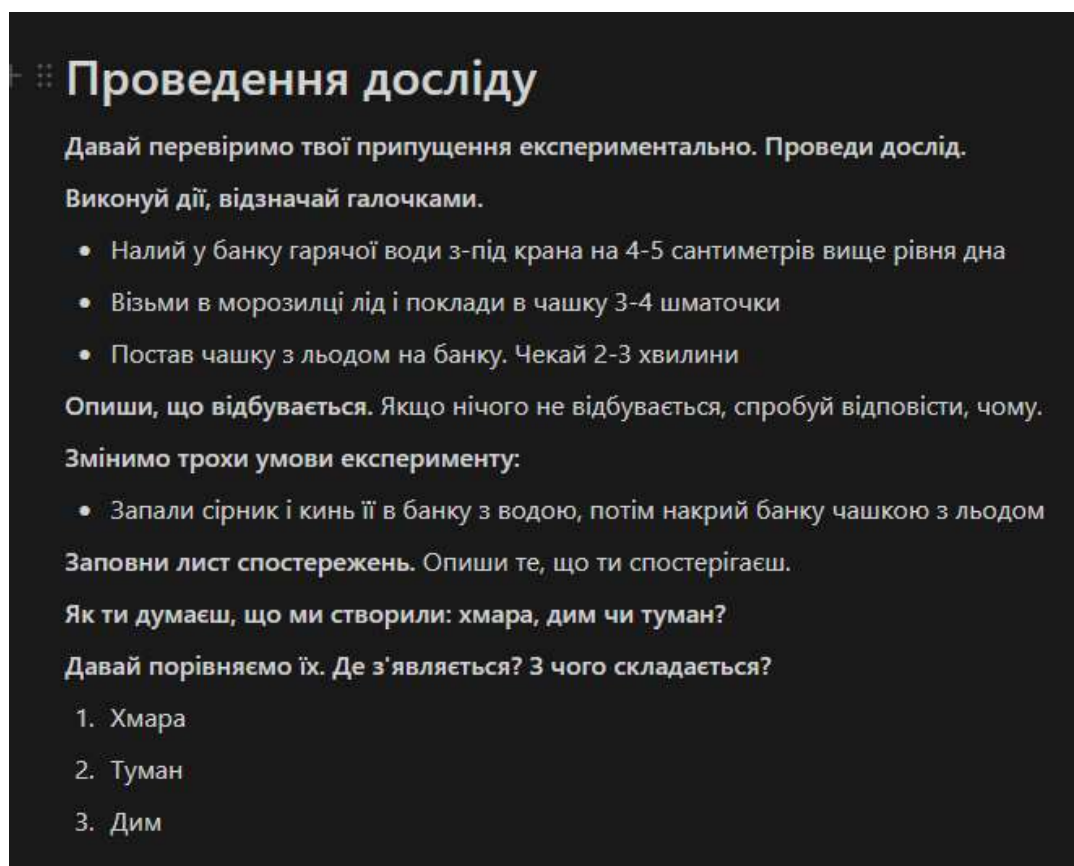


Рис. 46. Опис проведення досліду.

Кейс №2 (вивчення технологій).

Користувач побачив фото і вирішив зробити собі на пам'ять аналогічного керамічного півника. Одночасно користувач бажає розібратися з основами керамічного виробництва. Він шукає, як йому реалізувати свій задум без зайвих клопотів.

Припустимо, що вже існує WS-VR-Lab Ceramic. Розглянемо алгоритм взаємодії користувача, якого зацікавила кераміка з WS-VR-Lab.

Оглядове знайомство. Уявлення. Користувач заходить в VR-Lab Ceramic. Він може вільно пересуватися та подивитися все, що його зацікавило, а також коротке ознайомче відео.

Що можна зробити. Користувач намагається з'ясувати, які вироби взагалі можливо зробити в керамічній майстерні. Для цього він може відвідати кімнату готових виробів. Подивитись таблицю артефактів, або, наприклад, сайт у розділі кераміка: <https://artsandculture.google.com/>.

Майстерня. Далі користувач може відвідати майстерню, подивитись, яке там є обладнання та загальне відео, як на ньому працювати.

Інструменти та матеріали. Детально познайомитись з необхідними інструментами та матеріалами можна в кімнаті “матеріали та інструменти”, подивитись відео, як працювати, та познайомитись з технікою безпеки.

Визначення проекту для реалізації. Уточнення запиту. Після загального ознайомлення доцільно уточнити свій запит, що саме хочеш зробити. Для цього користувачу буде запропоновано обрати серед запропонованих зразків той, що найбільше корелює з бажаним виробом. На основі цього вибору можемо приблизно оцінити, які матеріали та інструменти будуть необхідні, які техніки роботи необхідно опанувати, які знання необхідно засвоїти. При цьому формується прототип запиту. Далі, в спеціальному меню (морфологічна матриця **ММ-Ceramic**), користувач може уточнити параметри свого запиту. На цьому етапі може бути сформована орієнтовна ціна виконання проекту. Якщо у користувача запит *чогоось навчитись*, то буде запропоновано опитувальник. Після відповідей на нього автоматично буде запропоновано програму навчання з приблизним обсягом необхідного часу, вартістю та додатковими умовами. Цю програму бажано додатково обговорити з консультантом простору VR Ceramic-Lab. Після цього обираємо RR Ceramic-Lab, де фізично є можливість реалізувати проект. Користувач знає програму навчання та на місці узгоджує всі деталі і починає навчання.

План реалізації проекту. Консультація. Якщо користувачу необхідна консультація, то він йде в кімнату переговорів і визиває консультанта, з яким обговорює всі незрозумілі питання. За певним розкладом, або по попередньому запису в VR-Lab, проводяться групові консультації, загальні або тематичні екскурсії. Власники RR-Lab на цьому етапі не турбуються.

Детальний план. На основі морфологічної матриці, консультацій з консультантами та мешканцями VR-Lab, формується *детальний план* реалізації проекту. В ньому вказуються необхідні інструменти, матеріали, дані. При цьому всі інформаційні та навчальні матеріали доступні безпосередньо в VR -Lab.

Теоретична підготовка до реалізації проекту. Згідно детального рекомендованого плану користувач вивчає запропоновані матеріали. Під час

виконання проекту він може вільно спілкуватися з усіма відвідувачами VR-Lab, як з самими виконавцями проектів в інших лабораторіях, так із експертами чи тьюторами.

Пошук та вибір RR-Lab для реалізації проекту. Після того, як користувач пройшов теоретичну підготовку, починається пошук RR-Lab, де можна втілити у життя цей задум. Передбачається, що кожна VR-Lab має перелік партнерських RR-Lab, які готові працювати з користувачем відповідно до його запиту. Користувач може обрати одне або декілька місць. Система автоматично надішле пропозицію з детальним планом і потребами користувача на їхню контактну адресу.

Реалізація проекту. RR-Lab. На момент приходу користувача в RR-Lab вже досить детально сформовано запит. Користувач знає, які техніки необхідно буде застосовувати та теоретично до них підготовлений. Також він онлайн в VR-Lab пройшов інструктаж з техніки безпеки саме по обраним технікам, інструментам та матеріалам. Це суттєво економить час перебування в RR-Lab та навантаження на їх співробітників. Користувач уточнює запит та виготовляє свій виріб.

Відображення результатів виконання проекту в VR-Lab. Галерея готових робіт. За бажанням, користувач може розмістити фото та відео своїх робіт в галереї VR-Lab. Якщо це необхідно, вони можуть бути виставлені на продаж (NFT), аукціон, лотерею, виставку, голосування, подарунки тощо, або використовуватись в навчальних цілях.

Кейс №3 (гурткова робота).

Гурток (секція, клуб, творче об'єднання) – основна традиційна форма реалізації змісту позашкільної освіти і виховання учнів, як у процесі вивчення окремого навчального предмета чи їх сукупності, так і різноманітних інтегрованих курсів у межах навчальних програм, затверджених МОН України чи адаптованих навчальних програм. За своєю сутністю гурток – це специфічна спільність дітей та учнівської молоді, яка ґрунтується насамперед на добровільності, спільності інтересів, спрямованості на певний вид навчальної та практичної діяльності; середовище, де забезпечуються умови інтелектуального, духовного і фізичного розвитку дітей, реалізація їхнього творчого потенціалу в галузі позашкільної освіти і виховання та створюються комфортні умови соціальної адаптації до умов реального життя. В термінології EWS для роботи певного гуртка створюється відповідний WS-VR-Lab. Діяльність в гуртках відбувається як щось проміжне між лабораторними експериментами та дослідженням технологій. Є певний напрям (програма) пізнавальної діяльності і певна свобода вибору та реалізації проектів.

Кейс №4 (фаблб).

FabLab (лабораторія виготовлення) - це лабораторія, яка пропонує доступ до цифрових технологій, машин та інструментів для створення різних об'єктів та прототипів. Концепція FabLab була розроблена професором Нілом Герсгелдером з Масачусетського технологічного інституту (MIT) в 2001 році, і вона стала популярною у всьому світі як мережа невеликих просторів для творчості, навчання та співпраці [89].

Основна ідея FabLab полягає в тому, щоб дати людям можливість створювати свої власні об'єкти та прототипи з використанням доступних цифрових технологій, таких як 3D-друкування, лазерні різальні машини, фрезерні верстати, електроніка та програмування [89]. Учасники Fab lab можуть досліджувати, творити та навчатися разом, співпрацюючи над різноманітними проектами - від виробництва невеликих об'єктів, таких як ювелірні вироби або іграшки, до створення інтерактивних прототипів та електронних пристроїв.

Хоча лабораторії FAB ще не конкурують з масовим виробництвом та пов'язаною з ним економією на масштабі у виробництві широко розповсюдженої продукції, вони вже показали потенціал для надання людям можливості створювати розумні пристрої для себе. Ці пристрої можуть бути адаптовані до місцевих або особистих потреб способами, які не є практичними або економічними при використанні масового виробництва. Рух Fab lab тісно пов'язаний з рухом «зроби сам» (Do It Yourself), апаратним забезпеченням з відкритим кодом, культурою мейкерів та рухом вільного та відкритого коду, і поділяє з ними філософію та технології.

В діяльності фаблабів EWS може бути застосована для обміну технологіями, підготовки та навчання нових користувачів. розповсюдження ідей щодо організації виробничого простору, спільного формування бібліотеки лайфхаків формування та підтримки спільноти. Екосистема робочих станцій (EWS) дозволяє суттєво покращити та поширити технологічну освіту молоді. Ідея екосистеми відповідає сучасним тенденціям індивідуалізації навчання та розширенню горизонтальної взаємодії. Екосистемний підхід має великий потенціал щодо підвищення ефективності навчання, забезпечення стійкості та широкої варіативності результатів навчання.

Запропонований підхід може однаково ефективно бути застосований для різних форм навчання (очна, дистанційна, змішана) та організаційних навчальних структур (державна, приватна, хоумскулінг). Також цей підхід має значний кумулятивний ефект. Чим більше учасників і чим активніше вони працюють, тим більшу цінність має створене інформаційне середовище. Досвід учасників освітньої екосистеми може бути отриманий новими учасниками.

РОЗДІЛ 3. ВИКОРИСТАННЯ ДОПОВНЕНОЇ ТА ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ ЗЗСО

3.1. МЕТОДИЧНА СИСТЕМА ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ AR/VR ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОСВІТИ

Методична система використання засобів доповненої (AR) та віртуальної (VR) реальності для підвищення якості освіти – це комплексна структура, що включає в себе плановані та систематичні методи та стратегії впровадження AR/VR технологій у навчальний процес. Основною метою цієї системи є оптимізація навчального процесу через використання іммерсивних віртуальних середовищ та доповненої реальності для досягнення покращених результатів навчання та підвищення якості освіти. Методична система має враховувати педагогічні, психологічні, інноваційні та методологічні аспекти, сприяючи оптимальному використанню AR/VR технологій з метою ефективного передачі знань та розвитку критичного мислення учнів.

Педагогічні аспекти:

- Індивідуалізація навчання: Використання AR/VR дозволяє адаптувати навчання до індивідуальних потреб та стилів учня. Вчителі можуть створювати персоналізовані віртуальні сценарії, які враховують особливості кожного учня.
- Інтерактивність та практичні навички: AR/VR створюють можливість для учнів взаємодіяти з віртуальними об'єктами та ситуаціями, що сприяє поглибленню розуміння матеріалу та розвитку практичних навичок.

Психологічні аспекти:

- Залучення та мотивація: Використання іммерсивних технологій створює захопливий навчальний досвід, що може викликати підвищений інтерес та мотивацію учнів до вивчення предмету.
- Розвиток когнітивних функцій: AR/VR сприяють розвитку критичного мислення, просторового сприйняття та інших когнітивних функцій через імітацію реальних сценаріїв.

Інноваційні аспекти:

- Технологічна передовість: Впровадження AR/VR у навчання є інноваційним кроком, що розширює можливості традиційного класу та створює унікальні віртуальні середовища для навчання.
- Колективна робота та відкритість для співпраці: Застосування AR/VR може стимулювати співпрацю учнів, дозволяючи їм взаємодіяти в спільних віртуальних просторах, що сприяє взаємопідтримці та обміну ідеями.

Методологічні аспекти:

- Розробка педагогічних стратегій: Методична система включає розробку стратегій, спрямованих на ефективне використання AR/VR уроків, враховуючи особливості предмету та потреби учнів.
- Оцінювання та контроль: Визначення методів оцінювання та контролю за успішністю учнів у використанні AR/VR для забезпечення високої якості навчання.

Розглянемо методичну систему використання AR/VR в закладах загальної середньої освіти (рис. 47).

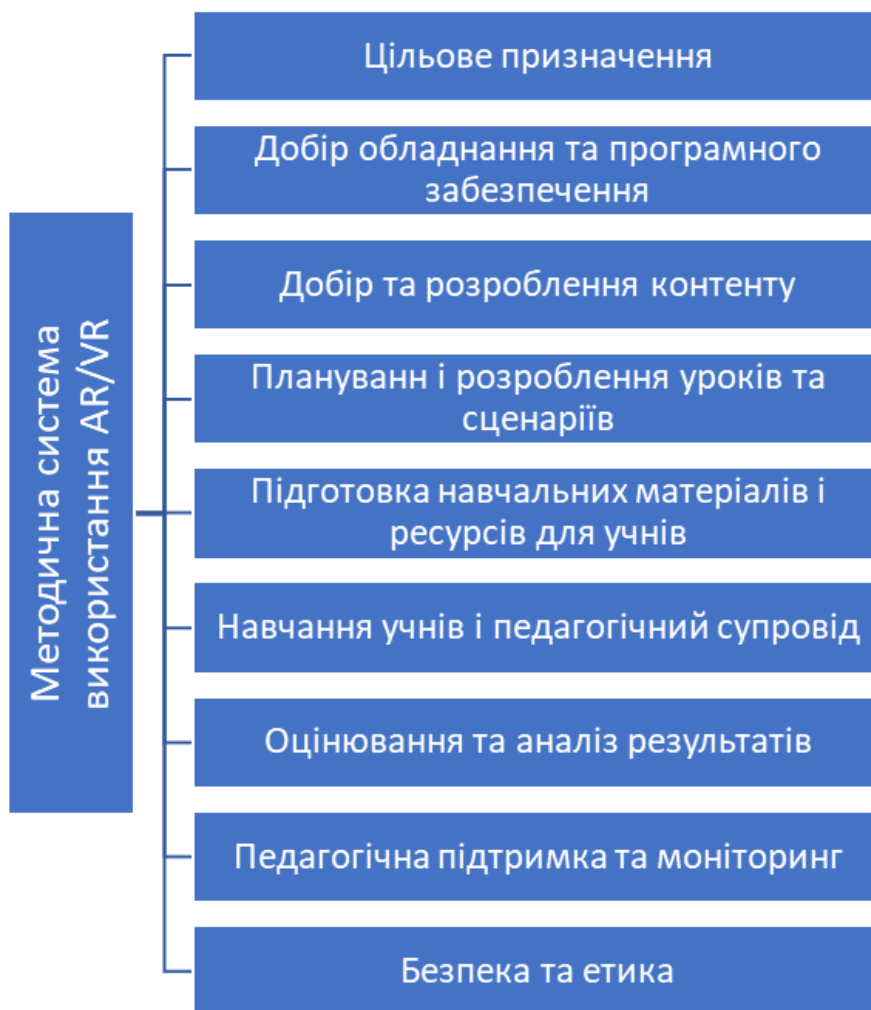


Рис. 47. Методична система використання AR/VR в ЗЗСО

Деталізуємо складники методичної системи використання AR/VR.

1. **Цільове призначення.** Визначення цілей використання AR та VR в навчанні: Ця складова визначає конкретні освітні цілі та завдання, для яких будуть використовуватися технології доповненої та віртуальної реальності. Це може включати покращення розуміння складних концепцій, стимулювання творчості, збільшення мотивації учнів та активне залучення до навчального процесу.

2. **Добір обладнання та програмного забезпечення:** Визначення необхідного обладнання, такого як AR-окуляри, VR-шоломи, смартфони, комп'ютери, а також підбір відповідного програмного забезпечення для створення та використання AR та VR контенту.
3. **Добір або розроблення навчального контенту:** Розробка або вибір відповідного навчального або навчально-інформаційного контенту, який відповідає освітнім цілям і завданням, а також забезпечення його відповідної адаптації до AR та VR середовища (рис. 48).



Рис. 48. Добір контенту для проведення практичної роботи з фізики

4. **Планування і розроблення уроків та сценаріїв:** Планування та розробка навчальних сценаріїв, включаючи послідовність дій учнів, створення інтерактивних завдань та методик оцінювання, які сприяють досягненню освітніх цілей.
5. **Підготовка навчальних матеріалів для учнів:** Підготовка і поширення навчальних матеріалів для учнів, включаючи інструкції та ресурси для вивчення і використання AR та VR, забезпечення доступності навчального контенту для всіх учасників навчального процесу.
6. **Навчання вчителів та учнів:** Підготовка вчителів до роботи з AR та VR, включаючи навчання їх технічних аспектів, методик використання цих технологій та адаптації навчального процесу до вимог сучасної освіти (рис. 49).
7. **Супровід та підтримка вчителів та учнів:** Надання супроводу та підтримки вчителям у процесі використання AR та VR, а також моніторинг навчальних досягнень учнів і вдосконалення методики з використання цих технологій.



Рис. 49. Навчання вчителів створення контенту з AR

8. **Моніторинг та аналіз результатів навчання учнів:** Розробка методів оцінювання успішності використання AR та VR, аналіз отриманих результатів і впровадження виправлень для забезпечення ефективного навчального процесу.
9. **Правила безпеки та етика.** Встановлення правил безпеки для використання AR та VR в освітньому середовищі, а також навчання учнів етиці і відповідальному використанню цих технологій, з метою забезпечення безпечного та ефективного навчального процесу.

3.2. ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З AR/VR

Сучасна освіта неперервно розвивається, спираючись на інноваційні технології, серед яких важливе місце займають доповнена реальність (AR) та віртуальна реальність (VR). Використання цих технологій у навчальних процесах стає ключовим фактором для підвищення якості освіти та формування прогресивного середовища для студентів та вчителів. Однак, для досягнення максимального потенціалу AR та VR в освіті, важливо ретельно вивчити та визначити показники ефективності освітнього середовища, які служитимуть відзначенням успіху та досягнень.

У цьому дослідженні ми спробуємо розглянути ключові аспекти показників ефективності AR та VR в освіті, проаналізуємо їх вплив на навчальний процес та визначимо специфічні параметри, які визначають успішність впровадження цих технологій у сучасному освітньому середовищі. Наше дослідження спрямоване на висвітлення та розкриття потенціалу AR та VR як інструментів для оптимізації процесів навчання та надання зрілого фундаменту для подальшого розвитку і вдосконалення освітнього середовища.

В даному описі ми розглянемо ключові показники ефективності впровадження AR/VR в освітнє середовище, які визначають його вплив на навчання та розвиток (табл. 6).

Таблиця 6.

Показники ефективності використання середовища з AR/VR

ПОКАЗНИКИ	Ранг	Ваговий коефіцієнт	Бали
1. Успішність навчання учнів	1	0,19	1...3
2. Залучення учнів до використання AR/VR	2	0,17	1...3
3. Вплив на розвиток креативності	3	0,17	1...3
4. Залучення вчителів до використання AR/VR	4	0,16	1...3
5. Використання часу.	5	0,16	1...3
6. Використання ресурсів	6	0,15	1...3

Показник успішності навчання учнів - розрахунок середнього балу або відсотку успішності учнів, які брали участь у заняттях AR/VR порівняно з тими, хто навчався за традиційними методами. У контексті AR/VR, успішність навчання визначається не лише традиційними засобами вимірювання знань, але й рівнем розуміння та глибини засвоєння матеріалу в умовах віртуального навчання.

Показник залучення учнів до використання AR/VR - розрахунок кількості учнів, які активно брали участь у віртуальних заняттях AR/VR відносно загальної кількості студентів. Одним із критичних показників є активність учнів, їхня готовність та бажання використовувати AR/VR. Забезпечення цікавого та змістовного взаємодії учнів із віртуальним оточенням є необхідною умовою для успішної імплементації цих технологій.

Показник впливу на розвиток креативності - оцінка зміни рівня креативності або інших когнітивних функцій учнів перед і після використання AR/VR за допомогою психологічних тестів або анкет. Використання AR/VR може стати прискорювачем розвитку творчих здібностей учнів, стимулюючи їхню участь у проектах та експериментах, що вимагають нестандартного підходу та творчого мислення. Важливим аспектом є готовність вчителів використовувати AR/VR у своїй роботі. Адаптація педагогів до нових технологій визначає їхню здатність ефективно впроваджувати ці інструменти у навчальний процес.

Показник залучення вчителів до використання AR/VR - розрахунок часу, який викладачі витрачають на підготовку та проведення уроків з використанням AR/VR, порівняно з традиційними методами.

Показник використання часу - розрахунок часу, який економиться на вивчення певних концепцій за допомогою AR/VR порівняно з традиційними методами, з урахуванням швидкості сприйняття та розуміння матеріалу. Вимірювання ефективності використання часу в контексті AR/VR полягає у визначенні оптимального балансу між тривалістю занять та досягненням педагогічних цілей.

Показник використання ресурсів - Розрахунок кількості проведених занять з AR/VR. Оцінка використання ресурсів включає аналіз якісного та кількісного аспектів, таких як фінансові витрати, наявність кваліфікованого персоналу та інші ресурси, необхідні для успішної реалізації AR/VR в освіті.

Пропонуємо ознайомитися з формулою розрахунку ефективності освітнього середовища з AR/VR:

$$E(AR/VR) = (P1 \cdot K1 + P2 \cdot K2 + P3 \cdot K2 + P4 \cdot K4 + P5 \cdot K5 + P6 \cdot K6) / 6$$

E – ефективність

P- показник

K- ваговий коефіцієнт

У процесі підрахунку балів можемо отримати такі рівні ефективності освітнього середовища з використання AR/VR:

- 1,0–1,5 – низький;
- 1,6–2,0 – середній;
- 2,1–2,5 – достатній;
- 2,6–3,0 – високий.

Такий підхід можна застосувати для визначення готовності закладу освіти впроваджувати новітні технології в освітню практику (рис. 50).



Рис. 50. Освітнє середовище з використанням AR

3.3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИХ ВПЛИВІВ ВИВАЖЕНОГО ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

У необхідності та доцільності педагогічно виваженого та методично вмотивованого використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій в процесі навчання учнів не виникає жодних сумнівів, однак інформаційний простір переповнений реальними загрозами та ризиками. Проблеми впливу комп'ютера на психофізіологічний та особистісний розвиток дитини, здоров'язбережувального використання технологій віртуальної та доповненої реальності потребує ґрунтовного дослідження.

Феномени присутності та інформаційно-психологічного впливу досліджується філософами, педагогами, психологами і соціологами. Здійснено класифікацію інформаційно-психологічних впливів і виокремлення механізму їх впливу на створення мас і окремого індивіду. Дотепер актуальними є підходи щодо способів і методів маніпуляції свідомістю.

Виокремлюються два види психологічних впливів: *розвивальний і маніпулятивний*. Психологічний вплив розглядається в контексті способів впливу на людей (окремих індивідів і групу людей), що здійснюється з метою вимірювання ідеологічних і психологічних структур свідомості та підсвідомості людини, трансформації емоційних станів, стимулюванні певних типів поведінки з використанням різних способів явного і неявного (прихованого) психологічного примусу [160].

Досягнення ґрунтовного розуміння феномену присутності дитини та психофізіологічного впливу комп'ютерної техніки у віртуальному середовищі в процесі дослідницького навчання дітей стало можливим завдяки виявленню ризиків, труднощів і небезпек у віртуальному середовищі у контексті виокремлення важливих тенденцій для перспективного подальшого інтелектуального розвитку дітей [55] із методично вмотивованим використанням технологій AR/VR [158].

Проблеми впливу комп'ютера на психофізіологічний та особистісний розвиток дитини, здоров'язбережувального використання AR/VR крізь призму імерсивного досвіду потребує ґрунтовного дослідження [55]. У процесі дослідницького навчання учнів важливо використовувати програмні засоби віртуальної та доповненої реальності як інструмент інтелектуального розвитку учня [164]. Зв'язок чуттєвого і раціонального в навчально-виховному процесі важливий і необхідний, оскільки часто принцип наочності формулюється як принцип єдності абстрактного і конкретного. Початкова фаза навчання повинна ґрунтуватися на чуттєвому пізнанні, відповідно, одним із

найважливіших принципів дидактики вважається наочність. Наочність в навчально-виховному процесі реалізовувалася шляхом демонстрації різноманітних дослідів [57].

Вміння вчителя враховувати психічний стан учнів і стадії їх психічного розвитку забезпечує гарантоване досягнення результатів дослідницького навчання учнів [157]. Розроблено та апробовано навчальний інструментарій VR/AR для розвитку просторових уявлень і навичок учнів закладів загальної середньої освіти на уроках математики з виваженим використанням мобільних пристроїв [107]. Здійснено класифікацію інформаційно-психологічних впливів і виокремлення механізму впливу різноманітних технологій VR/AR на формування особистості учня [121], [72], [99], [119], [144]. Результати дослідження виявилися значущими на рівні достовірності $p < 0,05$ [37].

Нижче пропонуються окремі компоненти феномену: здатність/здібність¹⁰ сприймати альтернативну позицію іншої людини (*perspective taking*); здатність/здібність співчувати іншій людині (*empathic concern*); здатність/здібність відчувати емоційний дискомфорт у відповідь (*personal distress*); здатність/здібність щодо можливості відтворення свідомості іншої людини (*fantasy abilities*). Пропонований підхід ґрунтується на використанні людино-машинних інтерфейсів з метою створення ефектів тривимірного оточення, в результаті чого у користувача з'являється можливість використовувати віртуальні об'єкти, а не зображення таких об'єктів [129].

Завдяки виваженому використанню у навчально-виховному процесі технологій AR/VR ефективність впровадження принципу наочності в освіті зростатиме; підсилюється роль візуалізації у процесі засвоєння нових знань (в т.ч. у вигляді понять, правил, законів тощо) шляхом ґрунтовного занурення учнів у віртуальне середовище, роль якого недооцінити неможливо. Як результат – збагачення учнів науково-пізнанням досвідом для можливості подальшого ефективного засвоєння абстрактних понять [56].

З метою підвищення ефективності дослідницького навчання використання принципу комплексної імерсивності потребує виваженого використання застосунків VR/AR [156] для занурення у поєднанні з *візуальною модальністю* (табл. 7). При цьому передбачається вплив на базові органи чуттів (*зорові, слухові, нюхові, смакові, дотик*) учнів в контексті сприйняття навчального матеріалу, що обумовлено периферійною анатомічно-фізіологічною системою. Завдяки впливу на рецептори отримується та

¹⁰ *Здібний, талановитий* - обдарований; *здатний* - який може, уміє здійснювати, виконувати, робити що-небудь.

аналізується навчальні відомості, отримані зі внутрішнього і зовнішнього середовища [126].

Таблиця 7.

Результати впливу можливостей використання VR/AR освітньої системи на ефективність навчання учнів

Критерії впливу VR/AR	Фіксовані зміни в когнітивних процесах у контексті ефективності навчання учнів	Результати експериментального дослідження
Рівень інтерактивності VR (ПП)	На підставі аналізу результатів тестування у рамках навчального процесу з використанням різних рівнів «інтерактивності» можна стверджувати про відсутність значних відмінностей ефективності засвоєння навчального матеріалу учнями. Середній рівень «інтерактивності» сприймається учнями ефективніше у порівнянні з низьким рівнем.	$\chi^2(2)=6,1073$; $p=0,0473$; $t=-12,4453$; $p=0,05$
Рівень інтерактивності VR (ЕП)	Результати навчання учнів в ЕГ з використанням VR/AR кращі у порівнянні з КГ без використання VR/AR. Спостерігалось зростання рівня задоволення учнів в залежності від міри використання VR/AR.	$F(3, 134)=9,9162$; $p=0,0005$ $F(3, 134)=23,6963$; $p=0,0005$
Моделювання емоційних станів учнів	Коефіцієнт емоційного стану учнів суттєво зріс у процесі навчання з використанням VR/AR. Коефіцієнт емоційного стану учнів суттєво зменшився у процесі навчання з використанням «інтерактивних» відеоматеріалів і е-підручника.	$t(30)=4,732$; $p<0,001$ $t(33)=4,923$; $p<0,001$
Соціальні взаємодії VR	Гра з іншими учнями викликає сильніше почуття загрози у порівнянні з грою супроти комп'ютера. Відчуття просторової присутності міцніші під час гри з другом/учнем у порівнянні з грою супроти комп'ютера. Гра з аватаром викликає міцніше захоплення процесом у порівнянні з грою супроти комп'ютера. Гра з аватаром викликає яскравіший позитивний емоційний	$F(1, 32)=7,553$; $p=0,010$; $\chi^2 = 0,19$ $F(1, 32) = 5,222$; $p=0,029$; $\chi^2 = 0,14$ $F(1, 32)=17,832$; $p=0,001$; $\chi^2 = 0,363$ $F(1, 32)=24,192$; $p=0,001$; $\chi^2 = 0,43$

	зворотний зв'язок у порівнянні з грою супроти комп'ютера.	
Мульти медійність	Наявність стороннього музичного супроводу VR/AR сприяє зниженню рівня запам'ятовування учнями вербальних інформаційних матеріалів.	M=7,65, SD=3,734; M=11,37, SD=3,292; F(1,71)=21,99; MSE=11,612; p<0,0001
Мульти сенсорність	Використання анімованих віртуальних героїв/агентів не впливає на результат і ефективність навчання учнів.	$\chi^2(2, N=200)=0,123$; p=0,94

На підставі результатів, отриманих з використанням проективної методики дослідження особистості людини (тест руки Вагнера), можна стверджувати про *недостатній рівень розвитку соціальних рис* (соціальна кооперація, наявність емоційного співчуття, вміння дослухатися до інших людей і т.д.) і яскраво виражена агресивна поведінка дітей [160].

У процесі пропонується методика дослідження педагогічно виваженого та методично вмотивованого добору інформаційних ресурсів із необхідним *врахуванням психофізіологічних і психолого-педагогічних факторів, серед яких велике значення мають особливості інтелектуального розвитку учнів.*

Визначено доцільність використання компонентів методичної системи, в тому числі з використанням VR/AR, у процесі дослідницького навчання учнів [107]. Знайдені кореляції між показниками переваги у ставленні учнів до використання окремих застосунків VR/AR і рівнями інтелектуального розвитку учнів для окремих груп інформаційних ресурсів (див. табл. 8–9) використовуються для здійснення коригування методики дослідницького навчання з метою педагогічно доцільного та методично вмотивованого добору навчальних ресурсів VR/AR для мінімізації протиріч з врахуванням рівнів інтелектуального розвитку учнів [158].

Показники переваги у ставленні дітей щодо використання VR/AR розглядаються як характеристики популярності окремих застосунків VR/AR. Виокремлено два параметри щодо необхідності певних обмежень на практичне використання інформаційних ресурсів та популярності їх використання: значення середнього балу, отриманого в процесі анкетування респондентів і кількість значущих кореляцій (див. табл. 10) [156].

Таблиця 8.

Кореляційні зв'язки між показниками переваги у ставленні дітей до використання окремих застосунків VR/AR

Інформаційний ресурс	Комп'ютеризовані лабораторії для виконання лабораторних практикумів	Комп'ютеризовані лабораторії для роботи з обладнанням	Моделі комп'ютеризованої реальності
Комп'ютеризовані лабораторії для виконання лабораторних практикумів	1,000	0,822(0,000)	0,710 (0,000)
Комп'ютеризовані лабораторії для роботи з обладнанням	0,822 (0,000)	1,000	0,612 (0,004)
Моделі комп'ютеризованої реальності	0,710 (0,000)	0,612 (0,004)	1,000

Таблиця 9.

Кореляційні зв'язки між показниками переваги у ставленні дітей до використання окремих застосунків VR/AR і рівнями інтелектуального розвитку дітей

Рівень інтелектуального розвитку	Комп'ютеризовані лабораторії для виконання лабораторних практикумів	Комп'ютеризовані лабораторії для роботи з обладнанням	Моделі комп'ютеризованої реальності
I	0,209 (0,327)	0,013 (0,954)	0,052 (0,838)
II	0,000 (1,000)	-0,146 (0,496)	-0,261 (0,295)
III	0,311 (0,139)	0,289 (0,171)	0,332 (0,178)
IV	-0,130 (0,545)	-0,171 (0,424)	-0,115 (0,651)

Таблиця 10.

Кореляційні зв'язки між показниками переваги у ставленні учнів до використання окремих застосунків VR/AR (II)

Інформаційний ресурс	3D моделі	Анімація процесів	Відеовідтворення експерименту	Відеовідтворення природних процесів	Відеовідтворення прикладів з життя	Відеовідтворення екскурсій
3D моделі	1,000	0,501 (0,009)	0,438 (0,025)	0,604 (0,001)	0,458 (0,019)	0,432 (0,027)
Анімація процесів	0,501 (0,009)	1,000	0,501 (0,0079)	0,328 (0,102)	0,329 (0,100)	0,495 (0,010)
Відеовідтворення експерименту	0,438 (0,025)	0,501 (0,009)	1,000	0,604 (0,001)	0,589 (0,002)	0,541 (0,004)
Відеовідтворення природних процесів	0,604 (0,001)	0,328 (0,102)	0,604 (0,001)	1,000	0,697 (0,000)	0,732 (0,000)
Відеовідтворення прикладів з життя	0,458 (0,019)	0,329 (0,100)	0,589 (0,002)	0,697 (0,000)	1,000	0,627 (0,001)
Відеовідтворення екскурсій	0,432 (0,027)	0,495 (0,010)	0,541 (0,004)	0,732 (0,000)	0,627 (0,001)	1,000

Досліджено кореляційні зв'язки між показниками переваги у ставленні дітей до використання окремих засобів VR/AR і рівнями інтелектуального розвитку для груп окремих застосунків VR/AR «статичні візуалізації» та «динамічні візуалізації» [160], [156].

Тривалість навчального процесу з використанням засобів AR/VR призводить до *перевантаження зорових аналізаторів*, негативно впливаючи на нервову систему учнів, відповідно – відбираючи сили, необхідні для здійснення розумового розвитку школярів (табл. 11).

Таблиця 11.

Кореляційні зв'язки між показниками переваги у ставленні учнів до використання окремих застосунків VR/AR і рівнями інтелектуального розвитку учнів (II)

Рівень інтелектуального розвитку	3D моделі	Анімація процесів	Відеовідтворення експерименту	Відеовідтворення природних процесів	Відеовідтворення прикладів з життя	Відеовідтворення екскурсій
I	-0,098 (0,649)	-0,065 (0,762)	-0,007 (0,975)	-0,157 (0,463)	0,140 (0,515)	-0,374 (0,072)
II	-0,083 (0,700)	0,094 (0,663)	0,159 (0,459)	-0,121 (0,573)	0,153 (0,474)	-0,057 (0,791)
III	0,523 (0,009)	0,481 (0,017)	0,547 (0,006)	0,520 (0,009)	0,434 (0,034)	0,493 (0,014)
IV	-0,097 (0,651)	-0,029 (0,893)	-0,002 (0,992)	-0,195 (0,361)	-0,093 (0,665)	-0,274 (0,195)

З використанням *методики діагностування особистісного зростання* підтверджується гіпотеза про те, що вплив AR/VR блокує процес позитивного особистісного зростання учнів, розвиваючи при цьому егоїзм, жорстокість і нерідко характеризується аморальною поведінкою респондентів. На підставі аналізу результатів можна зробити висновки про наявність ще однієї форми дезорієнтації дітей – так звані культи (наприклад, комфорту і гедонізму – прагнення мати «брендовий гаджет», бездумне слідування одній із численних субкультур), демонстративний спротив повсюдному впливу ЗМІ, технологій AR/VR у контексті формування «власної точки зору» [166].

Дослідження *впливу почуття симпатії* на альтруїстичні тенденції у поведінці учнів підтверджують, що у школярів виникають первинні емоції – симпатії, на базі якої розвиваються соціальні почуття, відповідно розвиваючи здатність ідентифікувати себе з об'єктом симпатії [199]. *В емпатії відповідно акцентується сприйняття і розуміння об'єкта в результаті проєктування та ідентифікації особистих світовідчуттів учнів.* Соціальні фактори – це сукупність різноманітних соціальних впливів: система освіти, політичний, моральний і культурний клімат, ментальність, медійне/інформаційне середовище. Здійснення системної роботи щодо морального виховання дітей з педагогічно виваженим використанням засобів соціального моделювання гармонійного інформаційного середовища з використанням окремих

застосунків VR/AR сприятиме оздоровленню суспільства в цілому та молоді зокрема. Дотепер актуальною залишається проблема соціального програмування людини [161].

Вдалося ґрунтовно дослідити особливості формування моральних норм особистості людини (емпатія, егоїзм, альтруїзм тощо), в тому числі з урахуванням конкретного історичного періоду, без чого неможливе психічне та фізичне здоров'я учнів [164]. Вивчення даного феномену в контексті нейрофізіологічної та еволюційної парадигм, безперечно, концентрується на формальних теоріях біологічних основ емпатії. Феномен емпатії у дослідженні розглядається комплексно в контексті філософського, психологічного, антропологічного, соціологічного бачення.

Безперечно, пропоновані установки використовуються з метою деформування особистості дитини, протидіючи при цьому розвитку дружніх, доброзичливих, порядних стосунків між людьми. В сучасних дизайнах із використанням окремих застосунків VR/AR підсвідомо (неявно) закладаються різноманітні сценарії, причому учень керує навчальним процесом з використанням потужних віртуальних можливостей, обираючи при цьому собі відповідну роль. Особлива увага приділяється дослідженню впливу VR/AR на *психофізіологічний стан і розвиток інтелекту дітей* [167], поведінки сенсорної системи дитини, яка має здатність підлаштовуватися під оточуюче середовище.

На підставі результатів діагностики з використанням методики ТБЗЗ у юнаків і дівчаток було виявлено патологічні особливості в енцефалограмах. Досліджено існування кореляційних зв'язків між перевагами у ставленні дітей щодо використання VR/AR і рівнями інтелектуального розвитку дітей. Встановлено необхідність здійснення добору ІТ для підвищення *креативності, мотивації і рівня інтелектуального розвитку дітей*, що призводить до підвищення ефективності дослідницького навчання. Результати виявилися значущими на рівні достовірності $p < 0,05$ [166]. Показники обдарованості дітей відрізняються в контексті участі в полісистемних процесах. Отримані дані використовувалися для здійснення аналізу найбільш актуальних в процесі дослідницького навчання учнів AR/VR [54], [58].

Обов'язковою умовою щодо ефективного використання у процесі навчання окремих застосунків VR/AR є емпіричний підхід – експериментальна перевірка позитивних і негативних впливів технологій AR/VR на інтелектуальний розвиток учнів [160]. Особлива увага приділяється виявленню ризиків, труднощів і небезпек у віртуальному середовищі з метою виокремлення важливих тенденцій для перспективного подальшого інтелектуального розвитку учнів із методично вмотивованим використанням компонентів методичної системи дослідницького навчання [158].

Перед батьками і вчителями стоїть складний (непосильний) виклик – з метою подолання комп'ютерної залежності у дітей необхідно утримувати розумний баланс між проведенням дозвілля і такими заняттями, як виконання домашнього завдання, різноманітних домашніх обов'язків дітьми, допомога батькам і т.д. Адже *діти втрачають відчуття реальності, проводячи багато часу в мережі Інтернет*. Роботу щодо профілактики комп'ютерної залежності необхідно розпочинати батьків. Чим більше часу дитина проводитиме, спілкуючись у сім'ї, тим менша спокуса до формування комп'ютерної залежності та бездумного використання застосунків VR/AR.

Безперечно, повсюдного використання VR/AR підходу в освіті не передбачається, однак залишається *обережний оптимізм щодо можливостей перспективної взаємодії учнів із новим «штучним» середовищем, використання якого забезпечуватиме інтелектуальний розвиток дітей*. Відбувається роботизація мислення, при цьому на другий план відходять емоції, співчуття, людяність. Спостерігається тенденція, пов'язана з поступовим зникненням здатності дитини співпереживати іншим людям, збільшується кількість «соціальних сиріт». У окремих підлітків виникають *проблеми з самоідентифікацією* – відбувається роздвоєння особистості у відповідності до типу комп'ютерної шизофренії [158].

Тривалі спостереження [57; 162] дають підстави виокремити деякі причини виникнення комп'ютерної залежності: *відсутність нагляду за дітьми; замкнутість, заперечення реальної дійсності; самоствердження за рахунок інших людей, відчуття власної значущості; проблеми з соціалізацією в житті, а під час гри – легкість в спілкуванні*. Виникає також інша патологія – особистісна незрілість дітей, які маю потребу постійно «сидіти в мережі Інтернет» [58], хаотично переглядаючи сайти та бездумно завантажуючи інформаційні матеріали.

Особливу увагу необхідно звернути на методично вмотивоване використання окремих компонентів методичної системи навчання із педагогічно виваженим застосуванням технологій VR/AR у освітньому процесі [158]. Безперечно, необхідне різнобічне забезпечення підтримки дослідницького навчання з використанням AR/VR технологій, зокрема, йдеться про використання механізмів контролю прогресу роботи учнів, налаштування різних форм подання матеріалу з урахуванням психологічного та фізичного стану учнів.

3.4. ГОТОВНІСТЬ УЧНІВ ГІМНАЗІЙ ДО ВИКОРИСТАННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Активний розвиток суспільства знань висуває особливі вимоги до конкурентоспроможності молоді XXI століття, що охоплюють їхнє вміння вирішувати проблеми, працювати в групі та проявляти свої лідерські здібності, здійснювати дослідження, використовуючи знання з різних галузей науки, застосовувати нові інформаційно-комунікаційні технології для здійснення цих досліджень, навчатися впродовж життя та ін. З огляду на це, важливим стає модернізація освітнього процесу відповідно до індустріальної революції 4.0 (англ. Industrial Revolution 4.0), що заснована на досягненнях у хмарних обчисленнях, Інтернеті речей, цифровізації всіх галузей людської діяльності, моделюванні і кібербезпеці, 3D друку, імерсивних технологіях, які почали активно інтегруватися в систему освіти [20]; [85]; [84].

При цьому науковці звертають особливу увагу на потенціал доповненої реальності (англ. Augmented Reality, AR) в освітньому процесі закладів освіти, зокрема гімназій [4]; [31]; [41].

Так, у звіті компанії Perkins Coie та XR Association за 2020 рік було зазначено, що AR для освіти вважають необхідними 28% респондентів (160 фахівців різних ІТ-компаній) (Augmented and Virtual reality survey report, 2020) [5], за 2021 (250 фахівців різних ІТ-компаній) 62% учасників опитування вірять, що AR забезпечить більш ефективні результати навчання та посприяють ефективному формуванню компетентностей учнів із різних предметів завдяки унікальним можливостям передання даних користувачам (Augmented and Virtual reality survey report, 2021) [6].

У галузі освіти це досить нова технологія, що потребує досліджень у таких напрямках як методи та підходи щодо її використання на різних рівнях освіти та при вивченні різних навчальних дисциплін, вплив на якість освіти, розуміння та доцільне використання учнями у процесі набуття ними знань, вмінь і навичок.

Проблема використання доповненої реальності розглядалась у роботах вітчизняних учених Грановської Т.Я. при обґрунтуванні значення, визначення методів та підходів застосування засобів мобільних технологій в освітньому процесі з природничих дисциплін для формування пізнавальної самостійності учнів 7–9 класів [127; 128]; Семеріков С. О., Литвинова С. Г., Мінтій М. М. у процесі створення та впровадження курсу з розробки програмних засобів віртуальної та доповненої реальності для майбутніх викладачів STEM-дисциплін [179], та ін.

Серед зарубіжних досліджень варто звернути увагу на міжнародний проєкт, що відбувався у межах програми Горизонт2020 (англ. Horizon2020) «Доповнена

реальність у шкільному середовищі» (англ. Augmented reality in school environments, 2006-2008 pp.: <https://cordis.europa.eu/project/id/027039>). Дослідження були зосереджені на технологіях епохи четвертого покоління, які за допомогою ІКТ та мережі мають бути інтегровані в повсякденне середовище, що зробить доступними безліч послуг і додатків через прості у використанні інтерфейси. Це бачення «інтелекту навколишнього середовища» ставить користувача в центр майбутніх розробок для суспільства майбутнього, заснованого на знаннях для всіх. Метою проєкту було розробити платформу для створення та використання AR у навчальному середовищі закладів освіти різних рівнів, зокрема загальноосвітніх.

Продовження вище зазначеного проєкту можна вважати проєкт Горизонт2020, що розрахований на період 2019 р. – 2023 р., «Інтерактивна освітня система доповненої реальності» (англ. Augmented reality interactive educational system, ARETE: <https://cordis.europa.eu/project/id/856533>), однією з цілей якого є розробка моделей навчальних програм із доповненою реальністю для різних рівнів освіти. Результати, отримані в цьому проєкті, будуть впроваджуватися за трьома напрямками: наукова та освітня експлуатація; економічна експлуатація; експлуатація суспільством. Основним завданням проєкту є створення стійкої конкурентоспроможної екосистеми, що може підтверджуватися такими факторами:

- надання інструментарію AR Authoring з відкритим кодом для забезпечення функціонування екосистеми;
- створення систем для аналізу об'єктивних даних щодо оцінки впливу технології AR на різні галузі людської діяльності, зокрема освіти;
- розроблення підходів із AR щодо охоплення потреб ринку та демонстрацій об'єктів згідно з цільовою спільнотою;
- безпосереднє залучення провідних організацій до проєкту.

З огляду на вищезазначене, слід відмітити дослідження Ласіка Ілона-Елефтерія та ін. [85] щодо застосування технологій AR у середній освіті для створення програми професійного розвитку вчителів на Кіпрі та в Греції [85]. Вчені проаналізували вплив цих технологій на учнів віком від 12 років до 15 років. Основним питанням було: «Який вплив навчальних підходів, які базуються на AR та STEM підходу, на навички учнів XXI століття та їхню мотивацію до навчального процесу?». Учні працювали в групах, дотримуючись планів уроків із застосуванням AR, розроблених їхніми вчителями з математики, фізики та STEM. Їх попросили використовувати власні мобільні телефони або шкільні планшети для перегляду вмісту AR, а потім відкласти їх, щоб зайнятися відповідними заходами або заповнити робочі зошити, підготовлені вчителями. Наприкінці уроку вчителі обговорили з учнями отриманий ними досвід. За вищезгаданими

втручаннями спостерігали дослідники. Вчителі відзначили позитивні моменти в навчальному процесі та мотивації учнів щодо вивчення навчального матеріалу. Характерно, що вони згадали, що студенти, які зазвичай мало або зовсім не приділяли уваги на уроці, ефективно працювали зі своїми однокласниками, коли вводили AR, намагаючись розв'язувати вправи з робочих зошитів, а в одному випадку навіть керували своєю командою. За словами вчителів, це був, мабуть, перший випадок, коли деякі з цих учнів підняли руки, щоб відповісти на запитання вчителя. Крім того, вчителі відзначили позитивним моментом те, що учні могли повторювати проєкцію об'єкта AR скільки завгодно разів, навіть за межами класу, просто використовуючи свої мобільні телефони з відповідними тригерними зображеннями. Поглиблення в незвідані світи та концепції також згадувалося як позитивний аспект AR, який може мати додаткову цінність у курсах, пов'язаних із STEM (особливо фізики та хімії). Однак важливим фактором, що впливає на вищезгадані позитивні сторони, є, згідно з спостереженнями вчителів, відволікання уваги учнів на пропоновані об'єкти AR від перегляду навчального контенту. Крім цього, чим більше виникало проблем, з якими зіткнулися учні (наприклад, занадто багато зусиль, щоб зосередити мобільний пристрій на об'єкті AR), тим більше вони відволікалися та переставали намагатися досліджувати тему уроку. Проте вчителі помітили, що учні легше згадують навчальний матеріал, що викладався за допомогою AR. Науковці висувують суттєву проблему щодо готовності учнів використовувати AR у вивченні навчальних дисциплін, особливо через STEM підхід, здійснення ними досліджень та набуття знань, вмінь і навичок.

Доповнена реальність – це технологія, за допомогою якої віртуальні 3D-об'єкти можуть накладатися користувачем безпосередньо на навколишнє реальне середовище, створюючи ілюзію, що ці об'єкти існують у даному просторі [7]. Ця технологія останнім часом використовується в багатьох середовищах, а також у освітній діяльності. Застосовуючи її з відповідним інструментом (планшет, смартфон та ін.), учні можуть вивчати і створювати контент на основі того, що вони вивчали або зрозуміли за змістом предмета.

З технічної точки зору, доповнена реальність покладається на розпізнавання та відстеження фізичного світу у реальному світі з метою візуалізації віртуальних об'єктів. Архітектуру AR можна розділити на категорії залежно від зйомки сцени, методу виявлення/відстеження, взаємодії з користувачем та візуалізації. Додатки AR можуть бути класифіковані за варіантами на основі розташування (географії) та на основі бачення (мети). AR на основі розташування використовує технології GPS і компаса в пристроях для ініціювання віртуального об'єкта і орієнтує його на реальний світ, що відтворюється за допомогою камери смарт-пристрою. AR на основі бачення використовує розпізнавання зображень для перегляду віртуального об'єкта, накладеного на зображення, на яке направляється камера. Ці

зображення можуть бути позбавлені будь-якого маркера або на основі маркера [11]. Для реалізації AR у підручниках виокремлюють такі підходи [85]; [115]:

- активація за допомогою QR-кодів;
- активація за допомогою зображень-маркерів.

Так, підручники з AR, яку учні можуть активувати за допомогою мобільного гаджета (планшета або смартфона) як у процесі навчання, так і у позаурочний час, що базуються на QR-кодах (рис. 51), зазвичай пропонуються вчителями для учнів, які мають високий рівень із предмета, що вивчається [115].



Рис. 51. Технологія відтворення AR за допомогою QR-кодів

Науковці та вчителі більше звертають увагу на підручники з AR, що ґрунтуються на маркерах [11]; [85]; [115] (рис. 52).



Рис. 52. Технологія відтворення AR за допомогою зображень-маркерів

Основним здобутком цих підходів стали: точне тривимірне відображення реальних об'єктів або процесів у синтетичному середовищі з доповненою реальністю, багаторазове використання об'єктів AR, інтерактивний аспект використання AR, повсюдний доступ до об'єктів AR, 3D режим віртуального перегляду, де користувач може бачити модель об'єкту на екрані; збільшення або зменшення об'єкту; розширена реальність (ARCore), в якій користувач може розмістити модель в реальному просторі (не у всіх мобільних телефонах підтримується ця функція); можливість вибору кожного з елементів об'єкту для отримання більше інформації про нього.

Згідно з вищезазначеним, відмітимо основні дидактичні функції AR для освітнього процесу, зокрема гімназії, що виокремлюють науковці при аналізі методів викладання різних навчальних дисциплін, а саме [128]:

- функція навчання, яка впливає на навчальні потреби учнів та надає допомогу у вирішенні навчальних завдань, що забезпечується такими можливостями AR як надання вичерпних даних про об'єкт та матеріалів для реалізації дослідницької діяльності учнів;

- функція візуалізації моделей для сприйняття учнями навчального матеріалу, що забезпечується такими можливостями AR як відтворення 3D-моделі об'єкту, відео- та аудіо- ефектів, процесів, що важко дослідити у реальному середовищі;

- мотиваційна функція, що впливає на підвищення інтересу учнів до навчання через наближення засобів AR до ігрових технологій, цікавого представлення навчального матеріалу, потенціалу щодо здійснення дослідження об'єкту та ін.;

- навчальна мобільність AR, що забезпечує можливість самостійного вивчення матеріалу учнями, без пояснень і підтримки вчителя, незалежно від місцезнаходження та часу;

- технологічна функція AR, яка забезпечує спілкування між учасниками навчального процесу, підтримку лабораторних, практичних, контрольних робіт та їх оцінку, доступ до різноманітних джерел даних (баз даних, конференцій, електронних бібліотек та ін.);

- психологічна функція AR, що сприяє мотивації суб'єктів освітнього процесу (викладачів; учнів; батьків; спеціалістів окремих галузей освіти, науки, бізнесу та ін.) до участі в освітніх проєктах та сприяє формуванню в учнів відповідальної поведінки при реалізації цих проєктів та розвитку професійної компетентності вчителів для заохочення суб'єктів навчально-виховного процесу до участі в них;

- функція, що передбачає доцільне використання AR щодо сприяння полегшенню здійснення навчального процесу відповідно до навчальних планів предметів.

Важливо також виокремити, на нашу думку, таку функцію AR як забезпечення усвідомлення учнями навчального контексту, тобто здатність надавати дані, що відповідають ситуації. Мотиваційною силою усвідомлення контексту є точність, оскільки вона дає змогу відображати правильну інформацію у відповідний час.

Нами було проведено аналітико-констатувальний етап дослідження, протягом якого визначено концептуальні підходи до використання засобів доповненої реальності в освітньому процесі, встановлено, що для впровадження

технології AR в освіті необхідно забезпечити навчальне середовище відповідними технічними засобами, дібрати операційні системи та програмне забезпечення; для з'ясування готовності учнів українських гімназій (7-9 класи) до використання об'єктів AR, було проведено їхнє анкетування та визначено основні проблеми щодо сприйняття ними AR для навчання.

В опитуванні взяли участь три школи України: сільська Черкаської області, регіональна м. Дніпро і школа м. Києва. Всього відповіли на анкету 98 учнів 7-9 класів (рис. 53).

В умовах пандемії COVID-19 анкетування учнів проводилося онлайн з використанням сервісу Google Forms. Анкета опитування охопила три основні розділи: наявність мобільних пристроїв в учнів, тривалість їх використання, обізнаність з технологією доповненої реальності.

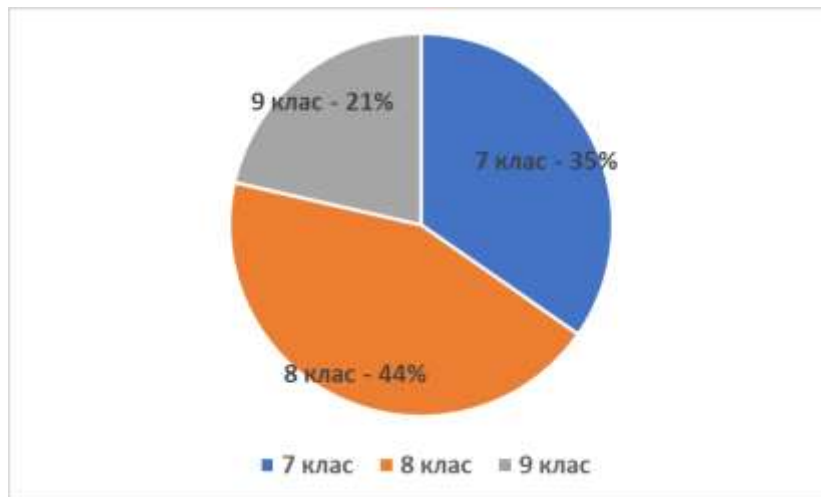


Рис. 53. Розподіл учнів українських гімназій, які взяли участь в анкетуванні щодо їхньої готовності до використання об'єктів AR, за класами

Важливим було визначити наявність засобів для відтворення доповненої реальності в учнів, а саме, мобільних пристрів: смартфона або планшета (рис. 54). Як з'ясувалося мобільні телефони мають 99% учнів, а планшетами – 37%. Проте 1% учнів все ж потребує додаткової педагогічної уваги та забезпечення мобільним пристроєм, хоча б під час освітнього процесу. У таких класах, на нашу думку, вчитель має включати в освітню практику групові роботи з AR.

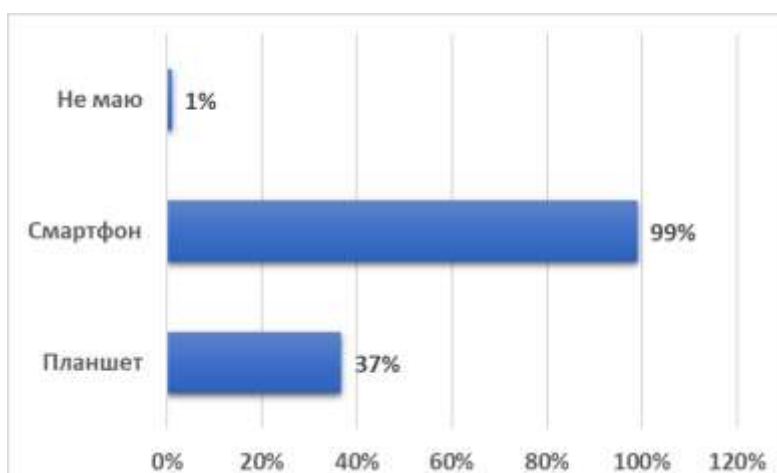


Рис. 54. Результат опитування учнів гімназій щодо їхнього забезпечення мобільними пристроями

Слід відмітити, що, відповідно до результатів анкетування, тривалість використання мобільних пристрів учнями досить висока, а саме: 39% учнів зазначають, що вони постійно переглядають повідомлення на телефоні або використовують мобільні додатки; 30% – використовують пристрої понад 3 години на день, в основному після уроків (рис. 55). Це підтверджує думку про те, що мобільні пристрої стали засобом повсюдного застосування учнями з різними цілями (від ігри до спілкування), тому їх можна задіяти для активного навчання.

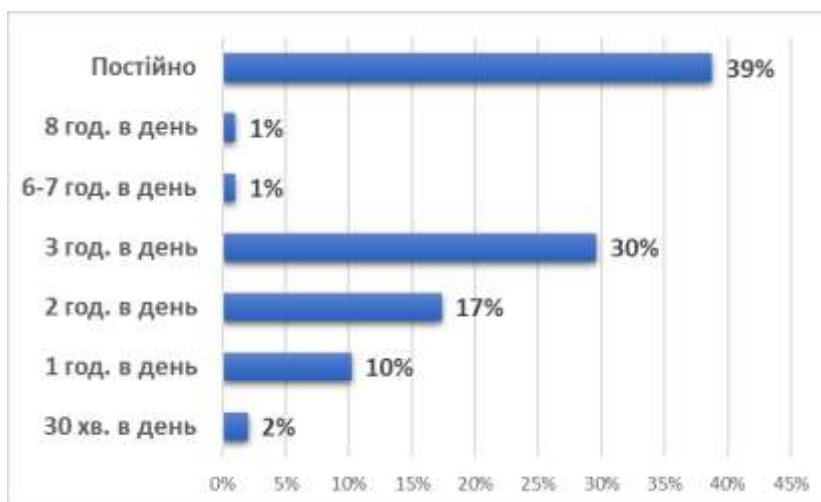


Рис. 55. Результат анкетування щодо тривалості використання мобільних пристроїв учнями гімназій

Важливим аспектом впровадження новітніх технологій є обізнаність в її існуванні та задоволення окремих потреб користувача. Так на запитання «Чи знаєте Ви про доповнену реальність?» 9% учнів зазначили, що не знають що це є; 68% – відповіли, що чули про цю технологію; 18% – мали змогу використати для навчання або розваг (рис. 56).

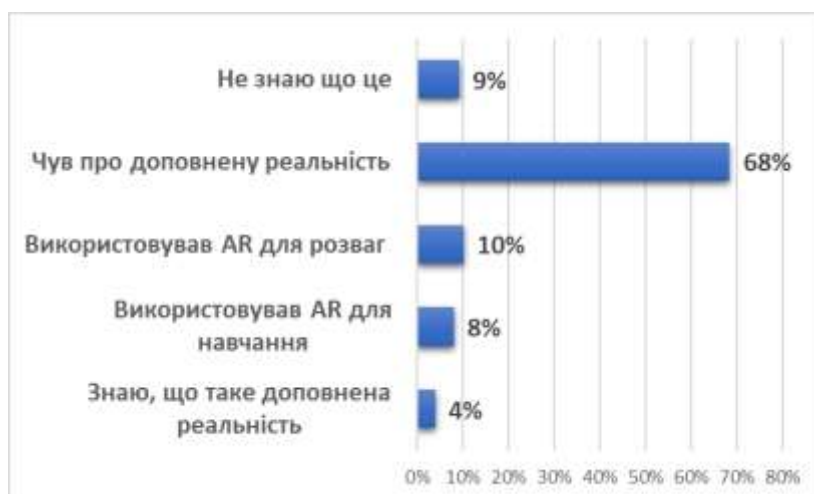


Рис. 56. Результат анкетування щодо обізнаність учнів з технологією AR

Проте, на запитання «Чи маєте ви досвід використання доповненої реальності» 54% учнів відповіли «Так» або «Скоріш так», що свідчить, про спроби учнів опанувати нові технології (рис. 57). Імовірно, що такий досвід вони отримали у процесі використання ігор, книг або карток з AR, що розповсюджувалися в торгових мережах.

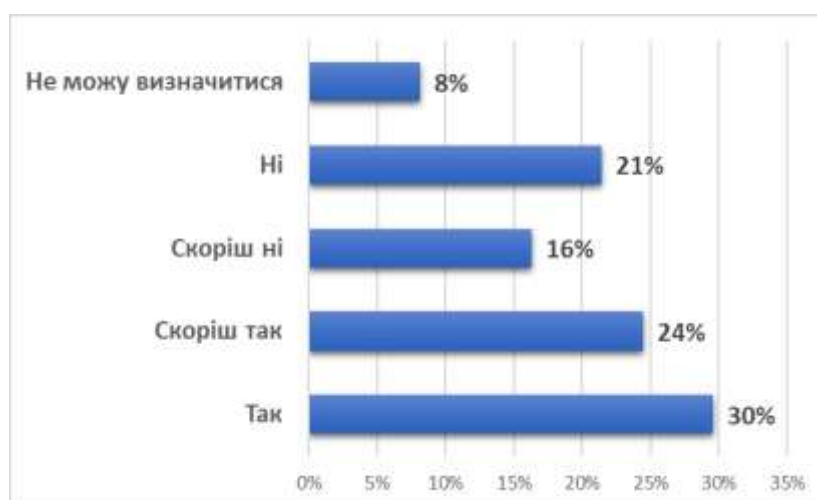


Рис. 57. Результат анкетування щодо досвіду використання AR учнями

Враховуючи, що значний відсоток учнів все ж спробували використати доповнену реальність і мають первинне уявлення по неї, важливим було дізнатися їх бачення щодо застосування такої технології для навчання. З'ясувалося, що учні готові використати таку технологію на різних уроках (рис. 58). У пріоритеті учнів такі предмети як фізика (62%), біологія (62%), географія (59%), хімія (57%), інформатика (55%). Предметами, які учні включили до списку стали: малювання – 31%, музика – 13%. Думку про те, що не варто використовувати AR для навчання залишили 15% учнів.

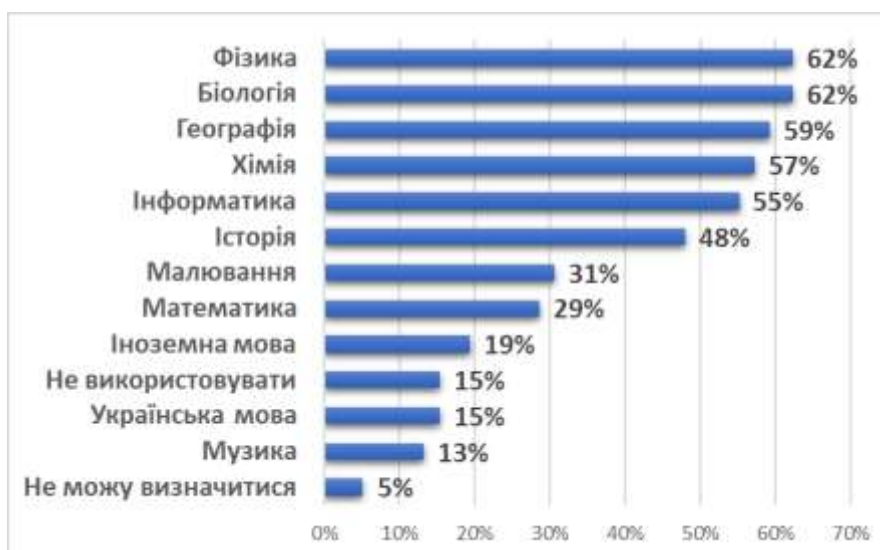


Рис. 58. Результат анкетування щодо встановленого учнями рейтингу предметів для використання AR під час навчання

Розміщення об'єктів AR у навчальних засобах у якості освітнього контенту є важливим як для організації освітнього процесу, так і для ефективності їх використання у навчальному процесі. На думку учнів ці об'єкти мають бути в атласах – 40%, контурних картах – 36%, підручниках – 64%, робочих зошитах – 29% та аркушах різного призначення (тестування, завдання, лабораторні роботи та ін.) – 29%, на окремих картках – 46%.

Для реалізації успішної педагогічної практики, учні повинні мати бажання навчатися з використанням нових технологій. Опитування показало, що 79% учнів гімназій мають бажання навчатися з використанням нових технологій. 7% – потребують ознайомлення, пояснення та опанування нової технології. 13% – потребуватимуть ґрунтовної педагогічної підтримки (рис. 59).



Рис. 59. Результат анкетування щодо бажання учнів навчатися з використанням доповненої реальності

Слід зауважити, що внутрішній супротив учасників навчального процесу до використання будь-яких нових засобів навчання завжди сприяє негативному ставленню до самого навчання, зокрема у нашому дослідженні до використання доповненої реальності для навчання. Проте про позитивне ставлення до нововведення зазначили – 66% учнів, 21% – пропонували використовувати нову технологію на окремих предметах та 10% не змогли визначитися (рис. 60).

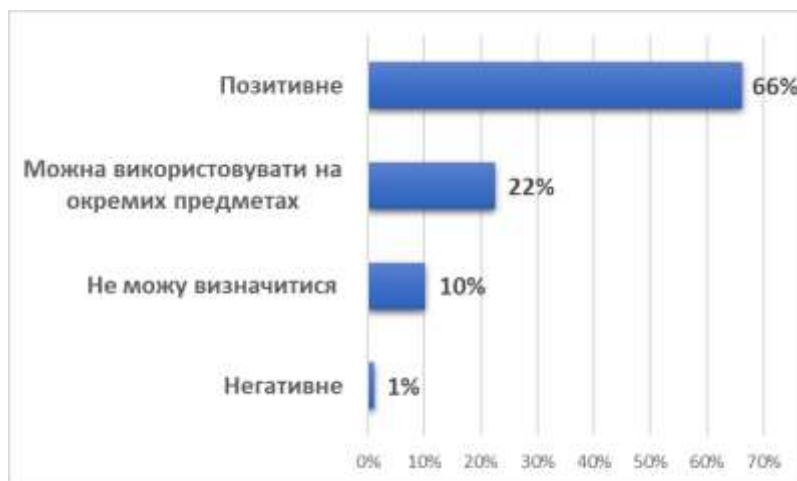


Рис. 60. Результат анкетування щодо ставлення учнів до використання доповненої реальності у навчанні

Проте, виходячи з результатів анкетування щодо ставлення учнів до використання доповненої реальності у навчанні, 11% учнів все ж потребуватимуть додаткового педагогічного впливу, а саме: більше уваги в процесі опанування технологією, демонстрації позитивних сторін використання AR (багаторазове використання, доступність), інтерактивне відтворення процесів, які неможливо побачити чи продемонструвати в класі та ін.

Так, готовність учнів застосовувати AR для навчання залежить від наступних основних факторів:

- вміння вчителів правильно і доречно використовувати AR при проведенні уроків офлайн та онлайн, зокрема ті пропозиції, що надаються у підручниках, зошитах та інших навчальних засобах;
- наукове, влучне, привабливе рішення щодо дизайну AR, який охоплює відтворення 3D-моделей об'єкту, відео- та аудіо- ефектів, процесів, що важко дослідити у реальному світі, та ін.;
- наявність в учнів та вчителів засобів та необхідних додатків для відтворення AR;
- стан налагодження взаємозв'язків між користувачами та розробниками AR для освітнього процесу.

З огляду на проведений аналіз наукової літератури та аналіз анкетування учнів для використання AR здобувачами освіти, мають бути розроблені новітні підручники, посібники, картки, робочі зошити, інструкції та ін. із врахуваннями результатів опитування користувачів [179].

Аналізуючи отримані дані ми дійшли висновку, що учні гімназій готові до використання доповненої реальності для навчання. Важливими аспектами для досягнення ефективності залишаються такі: встановлення програмного забезпечення на мобільні пристрої, первинні навички учнів щодо використання AR, навігація та пошук AR (наявність переліку, списку), інтеграція AR в зміст навчання.

Учніський рейтинг предметів дав можливість визначити першочерговість для включення AR в підручники, робочі зошити, картки та ін., і тим самим надав відчизняним ІТ-компаніям та видавництвам план дій щодо підвищення якості змісту освітнього контенту та його представлення в друкованій освітній продукції.

Позитивне ставлення та бажання учнів навчатися з використанням AR підтверджує їхню готовність до навчання в інноваційному освітньому середовищі, насиченому новими технологіями, за допомогою яких можна формувати як індивідуальну траєкторію розвитку, так і досягати вищих результатів навчання.

Залишаються відкритими питання щодо учнів, які не мають мобільних пристроїв і потребують соціальної підтримки в питаннях придбання техніки та організації їхнього додаткового навчання. Ці питання мають вирішуватися на рівні районних та обласних державних адміністрацій і розроблятися програми для підтримки соціально незахищеної учнівської молоді.

3.5. ГОТОВНІСТЬ УЧНІВ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ

Не дивлячись на шок, який перенесла система освіти у 2020 році, спричинений широкомасштабною пандемією Covid-19, довготривалі канікули в період військових операцій на території Української держави, адаптація освітнього процесу в закладах загальної середньої освіти залишається однією із проблем, яка потребує ґрунтовного удосконалення.

Такі традиційні методи, як лекції, що ведуть до формування пасивних, відсторонених учнів [24], нині залишаються основними в системі освіти та адаптованими до дистанційної форми навчання. Як показала практика останніх років, вчителі легко перейшли до проведення лекцій онлайн, використовуючи такі доступні засоби як Google Meet, Skype і Zoom. Водночас, знання отримані

учнями у спосіб, що не базується на основі життєвого досвіду, потужної практичної складової, ізольований від контексту, не можуть бути ґрунтовними й актуальними для розвитку особистості та необхідними для його майбутнього.

Нині значна частина учнів □ 92% щодня перебувають у мережі Інтернет, грають в ігри, транслюють незабутні враження, публікують фотографії різних подій у [139]. Використання різноманітних гаджетів дозволяє їм отримати власний досвід за яким процес засвоєння стає якіснішим. Створюючи, обмінюючись та беручи участь у технологічному досвіді, учні звикають до нових освітніх середовищ.

Одним із новітніх освітніх середовищ можна вважати віртуальне, а однією із цифрових технологій, що нині стає актуальною в освіті, є віртуальна реальність (VR), *яка визначається як імерсійне, реалістичне, тривимірне середовище, що включає візуальний зворотний зв'язок від руху тіла* [2].

Метою VR є посилення, мотивація і стимулювання навчання та відпрацювання практичних навичок [125].

Віртуальна реальність характеризується трьома основними складниками, важливими для навчання:

- *занурення*: у користувача виникає реальне відчуття знаходження всередині віртуального світу комп'ютера;
- *взаємодія*: користувач маніпулює віртуальними об'єктами;
- *залучення*: користувач може переміщатися у віртуальному середовищі пасивно або активно.

Ефект занурення реалізується за допомогою спеціальних пристроїв: окулярів або шолому віртуальної реальності.

Ефект взаємодії реалізується за допомогою таких додаткових пристроїв, як цифрові рукавички або джойстики.

Ефект залучення відбувається в процесі дослідження віртуального середовища коли користувач може втручатися безпосередньо в результат реалізації програми.

Заклади загальної середньої освіти в межах освітньої субвенції або грантової підтримки почали отримувати засоби віртуальної реальності. Досліджуючи це питання було встановлено, що в закладах освіти наявні три типи окулярів віртуальної реальності, а саме:

I тип: ClassVR, створені спеціально для сфери освіти, мають власну бібліотеку курсів, розроблені ІТ-спеціалістами в співпраці з вчителями американських шкіл (<https://www.classvr.com/>).

II тип: Oculus Quest 2, професійні окуляри для яких ІТ-спеціалісти в рамках різних проєктів розробили спеціальні курси й адаптували до системи загальної середньої освіти (<https://www.oculus.com/>).

III тип: бюджетні окуляри, отримані вчителями-новаторами для забезпечення STEM-уроків і за допомогою яких вчителі можуть демонструвати 3D-відео з каналу YouTube.

Не дивлячись на позитивні тенденції оновлення освітнього середовища закладів загальної середньої освіти, різні аспекти, що впливають на якість засвоєння навчального матеріалу, значний освітній потенціал цієї технології проблемними залишаються питання ставлення учнів до VR та готовність включити її у своє навчання [63].

Галузь VR розвивається швидкими темпами, за прогнозами, обсяг глобального ринку віртуальної реальності зросте до понад 12 мільярдів доларів США до 2024 року. Аналітики припускають, що поліпшення апаратних характеристик засобів VR, таких як використання менших за розміром і більш модних пристроїв, будуть підтримувати широкомасштабне використання VR споживачами в усіх галузях. (<https://www.statista.com>). Очікується, що у сфері освіти для підготовки кадрів охорони здоров'я, робочої сили та виробництва VR стане однією з провідних технологій навчання, а в усьому світі збільшиться кількість як варіантів її використання, так і наукових досліджень щодо її ефективності.

Нині наукові інтереси вчених у дослідженні віртуальної реальності (VR) спрямовані на обґрунтування технологічних, методичних аспектів та ефективності навчання. Дослідники з Університету Коннектикуту встановили, що VR дозволяє студентам досліджувати 360-градусні та тривимірні (3D) світи [91].

Для цього VR активується за допомогою спеціального програмного забезпечення, мобільного телефону та окулярів віртуальної реальності. Вчені вважають, що найважливішим потенційним внеском VR в освітній процес є розвиток просторового уявлення учнів, [36] і унікальне відчуття присутності, участі в процесах, що відбуваються [123]. Вони наголошують на важливості використання VR під час проведення експериментів, які важко або неможливо проводити у традиційних умовах навчання [9].

Учені з Лондонського Міського університету (City, University of London), Малайзійського Інституту уявлення (The Imagineering Institute) та Португальського Вищого технічного інституту (Instituto Superior Técnico) довели ефективність використання VR в реалізації методу мультисенсорного навчання. Вони зазначили, що з використанням VR підтримується навчання з високою залученістю, мотивацією, інтересом та можливістю різних стилів навчання [43].

Вітчизняні вчені вважають, що VR буде ефективною, як технологія навчання окремих предметів [124], [93]. Це особливо важливо під час вивчення предметів з обмеженими ресурсами. Автори встановили, що комп'ютерне

моделювання об'єктів і процесів живої й неживої природи позитивно впливає на опановування основами VR [174]. Такий підхід підвищує ефективність навчання, сприяє розвитку просторового мислення студентів, підвищує темпи розвитку цифрової та предметних компетентностей. Про VR, як засіб формування різних компетентностей обґрунтовано в працях [42], [136].

Аспект дидактичного потенціалу новітньої технології розкрито в роботі [63]. Автором розглядається віртуальна реальність як більш потужне та корисне середовища навчання, в якому використовуються як нові технології, так і нові критерії оцінювання навчання. Дослідниця пропонує та обґрунтовує методику векторного моделювання віртуальної реальності для застосування в різних видах самоосвіти.

Зазначимо, що в закладах загальної середньої освіти України, в рамках забезпечення STEM-освіти, з'являються засоби віртуальної реальності. На сучасному етапі розвитку освіти група дослідників [127] вбачає VR як інструмент розвитку STEM-освіти. Дослідники зазначають, що електронні освітні ресурси для STEM-освіти, створені за технологією VR є не лише навчальними засобами, а й джерелом натхнення, що мотивує та стимулює творче мислення учнів. Це вагомий аргумент, оскільки творчість стає все більш важливою життєвою навичкою, яка може допомогти учням впоратися з труднощами, зокрема в галузі STEAM-освіти. Вони також акцентують увагу на таких важливих складниках використання VR, як розроблення інструкцій та керівництв для побудови індивідуальних траєкторій розвитку особистості.

Досліджуючи питання ефективності та зручності використання VR технології, вченим вдалося підтвердити [174]:

- досягнення навчальних цілей учнями, а відповідно й ефективність навчання;
- встановлення більшої ефективності методу навчання у порівнянні з традиційними;
- підвищення активності й зануреності учнів в освітній процес, ніж за іншими формами навчання.

Проте питання, пов'язані з готовністю учнів до використання VR та визначення місця нової технології в освітньому процесі ЗЗСО вченими досліджено не повною мірою і потребують додаткового дослідження.

У межах наукового дослідження «Проектування навчального середовища з використанням засобів доповненої та віртуальної реальностей у закладах освіти» (НД № 0121U107689), ученими Інституту цифровізації освіти НАПН України було здійснено низку заходів щодо виявлення тенденцій впровадження віртуальної реальності в освітній процес та зацікавленість учнів у використанні новими технологіями навчання.

Для з'ясування готовності учнів 7-9 класів до використання віртуальної реальності, було відібрано три школи: сільську (Черкаська обл.), регіональну (м. Дніпро) і столичну (м. Київ). В умовах широкомасштабної пандемії COVID-19 опитування учнів проводилося в форматі онлайн з використанням сервісу Google Forms.

Всього в опитуванні взяли участь 98 учнів, які у відсотковому відношенні поділилися таки чином: 7 клас – 35%; 8 клас – 44%, 9 клас – 21%. Анкета опитування охопила такі розділи: забезпеченість учнів комп'ютерною технікою, доступом до мережі Інтернет, тривалість використання комп'ютерної техніки, обізнаність та ставлення до використання технології віртуальної реальності.

У процесі аналізу відповідей було встановлено, що доступ до мережі Інтернет мають 100% респондентів. Понад 88% учнів забезпечені комп'ютерною технікою, зокрема учні 9 класів – 86%, 8 класів – 84% та 7 класів – 94%, що дає можливість дійти висновку, що більшість учнів мають як комп'ютерну техніку, так і доступ до мережі Інтернет для доступу до навчальних матеріалів, сайтів, курсів та спеціальних комп'ютерних додатків, зокрема мобільних (рис. 61).

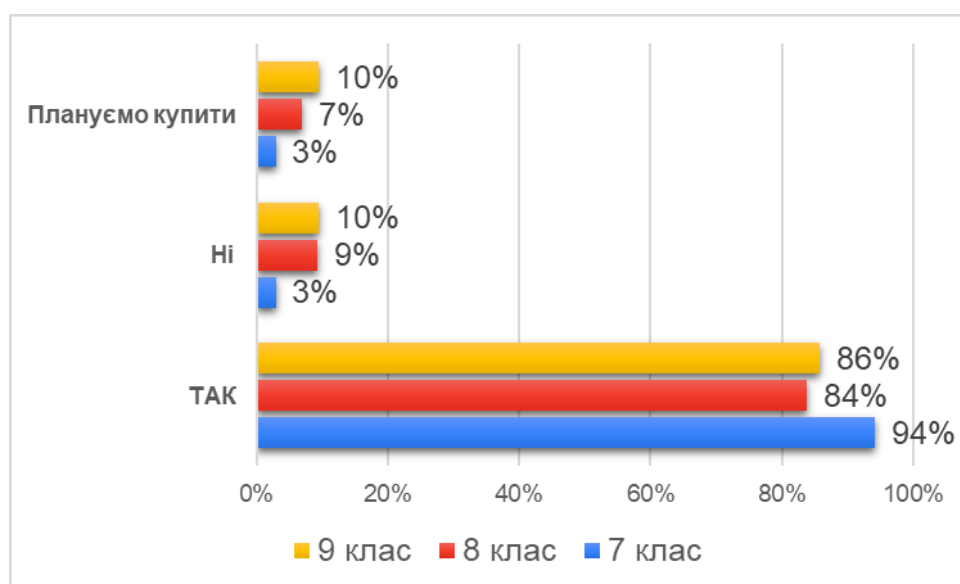


Рис. 61. Забезпеченість учнів 7-9 класів комп'ютерною технікою

Частота використання комп'ютерної техніки учнями, зокрема персональних комп'ютерів, ноутбуків, смартфонів досить висока. 39% зазначили, що використовують гаджети постійно, 30% – 3 години на день, 17% – 2 години на день. Аналізуючи результати робимо висновок, що комп'ютер (різні гаджети) для сучасного учня є інструментами пізнання світу, отримання інформації та даних, комунікатором та інструментом для розваг (рис. 62). Технологічно учні готові до використання різних гаджетів у навчанні.

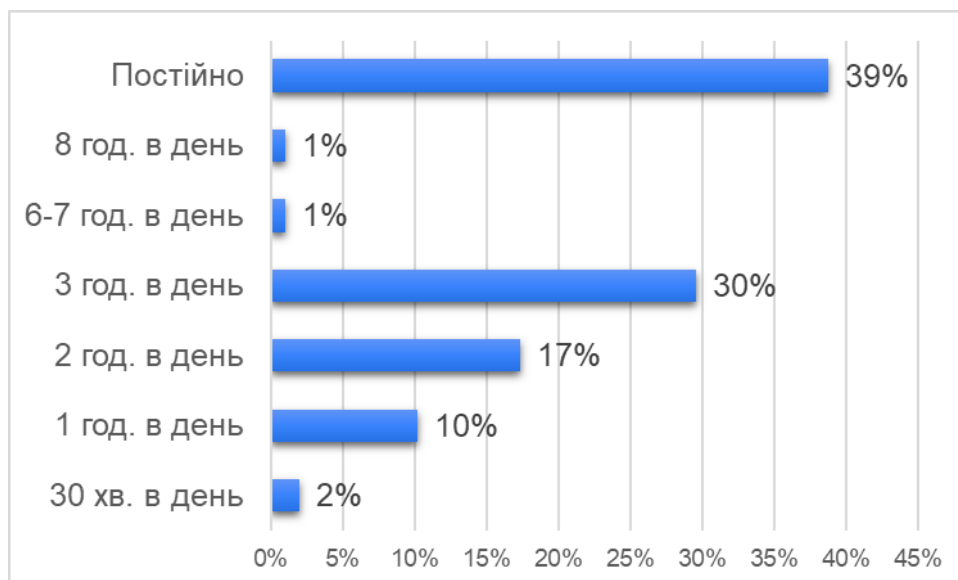


Рис. 62. Тривалість використання учнями 7-9 класів гаджетів протягом дня

Протягом останніх років учні опановали нову форму навчання – дистанційну, яка була не характерна для ЗЗСО. Такий перехід був вимушений, обумовлений широкомасштабною пандемією COVID-19. З іншого боку – це дало поштовх до опанування різних сервісів та цифрових технологій, що у підсумку, підвищило ІК-компетентність усіх учасників освітнього процесу.

Важливим аспектом впровадження VR в систему загальної середньої освіти є обізнаність, опанування та використання технології для досягнення мети навчання і задоволення освітніх потреб користувача. Так на запитання «Чи знаєте ви, що таке віртуальна реальність (VR)?» 67% учнів відповіли, що чули про цю технологію; 23% – мали змогу використати для розваг, а 9% учнів навіть використали для навчання (рис. 63).

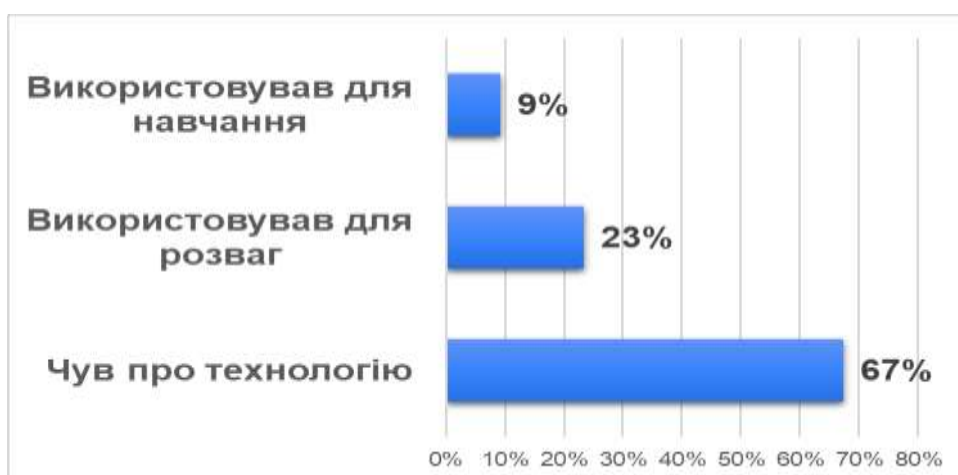


Рис. 63. Обізнаність учнів 7-9 класів про існування VR

Проте, на запитання «Чи маєте ви досвід використання віртуальної реальності (VR)?» 72% учнів відповіли «Так» або «Скоріш так», що свідчить, про

високий інтерес, зацікавленість та спроби учнів опанувати нові технології самостійно – поза межами закладу освіти (рис. 64).

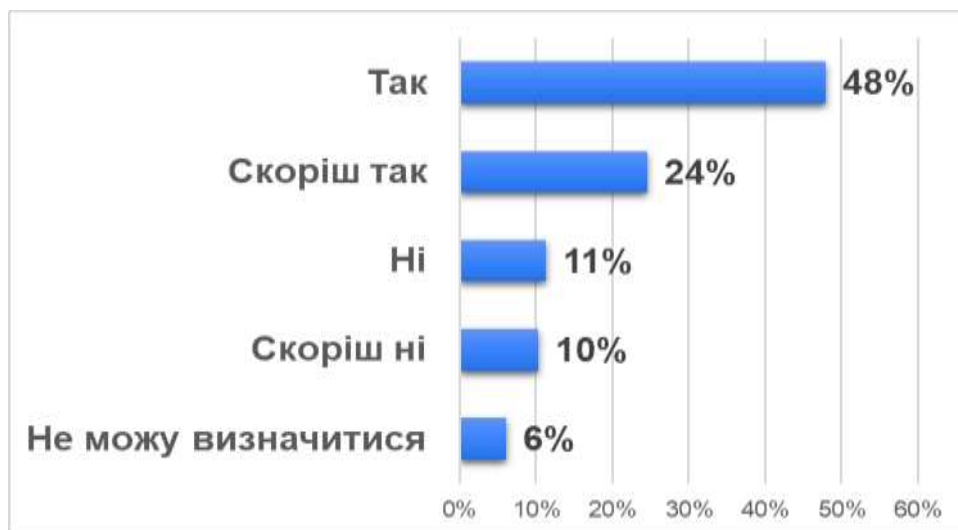


Рис. 64. Досвід використання VR учнями 7-9 класів

Такий досвід вони отримали під час проведення міжнародних виставок, на яких ІТ-компанії демонстрували своє обладнання, зокрема окуляри віртуальної реальності та програмне забезпечення. Дехто мав змогу ознайомитися з технологією VR в спеціальних центрах, які надають можливість пограти в гру або здійснити віртуальну подорож.

Проте 21% відсоток учнів не мав доступу до обладнання, що підтверджує думку багатьох вчених про те, що вартість обладнання ще довго буде ключовою в питаннях впровадження VR в освітню практику.

Ми порівняли отримані результати з результатами дослідження закордонних вчених, які встановили, що з 25 учнів – 44% мали досвід використання пристроїв VR [63]. Ми маємо майже однакові результати щодо практичного досвіду учнів. Спостерігається тенденція до збільшення зацікавленості учнів новою технологією та засобами, особливо окулярами віртуальної реальності.

Враховуючи, той факт, що значний відсоток учнів все ж спробував використати VR і має уявлення по її технологічну реалізацію, важливо було дізнатися їхнє бачення щодо застосування такої технології в освітньому процесі. З'ясувалося, що учні вбачають використати такої технології на різних уроках (рис. 65).

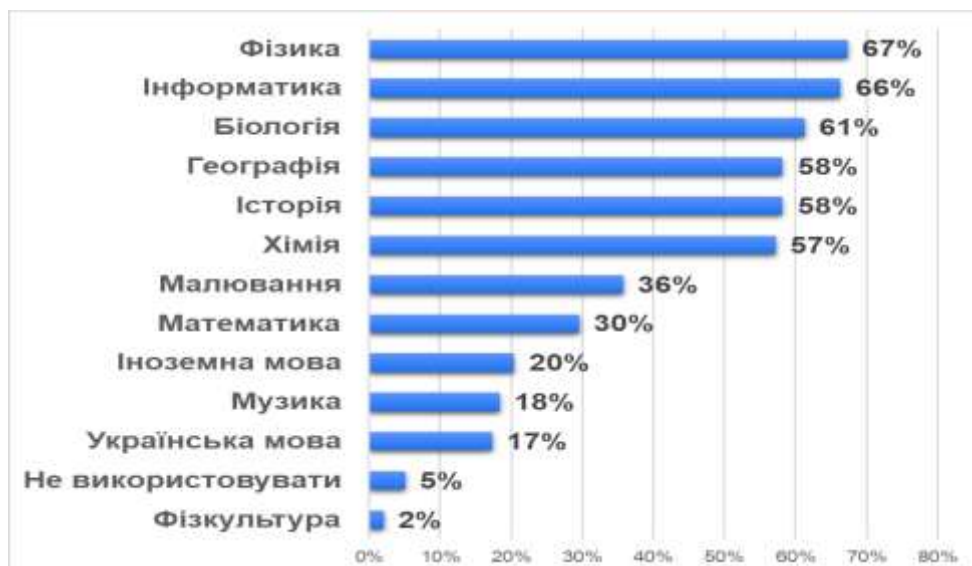


Рис. 65. Учніський рейтинг предметів щодо використання VR в освітньому процесі

Встановлено, що в пріоритеті учнів такі предмети як фізика (67%), інформатика (66%), біологія (61%), географія (58%), історія (58%), хімія (57%). Предметами, на яких учні вбачають використання VR і, які вони самостійно включили до списку: малювання – 36%, математика – 30%, іноземна мова – 20%, музика – 18%, українська мова – 17%. Думку про те, що не варто використовувати VR в освітньому процесі залишили 5% учнів.

Приємно були здивовані слушною пропозицією учнів щодо використання VR на уроках фізкультури для відпрацювання основних навиків і рухів у різних спортивних іграх.

Наші закордонні колеги також продемонстрували результати опитування учнів щодо інтересів використання освітньої VR. Так з 19 учнів 42% сказали, що доцільно використати на уроках математики, 36% – під час вивчення мови та на уроках комп'ютерних технологій, 21% – обрали фізику [63].

Отже, такі предмети як математика, фізика, інформатика та мова, зазначені учнями різних країн, мають стати першочерговими для впровадження VR в освітню практику.

Для досягнення мети навчання, учні мають бути вмотивованими та демонструвати бажання вчитися. Позитивне ставлення до навчання з новими технологіями бажано сформулювати на першому етапі впровадження. З цією метою було проведено опитування для з'ясування ставлення учнів до використання VR.

Опитування показало, що 88% учнів мають бажання навчатися з використанням VR, 5% – потребують ознайомлення, пояснення та опанування навичками використання нової технології, 7% – потребуватимуть ґрунтовної педагогічної підтримки (рис. 66).

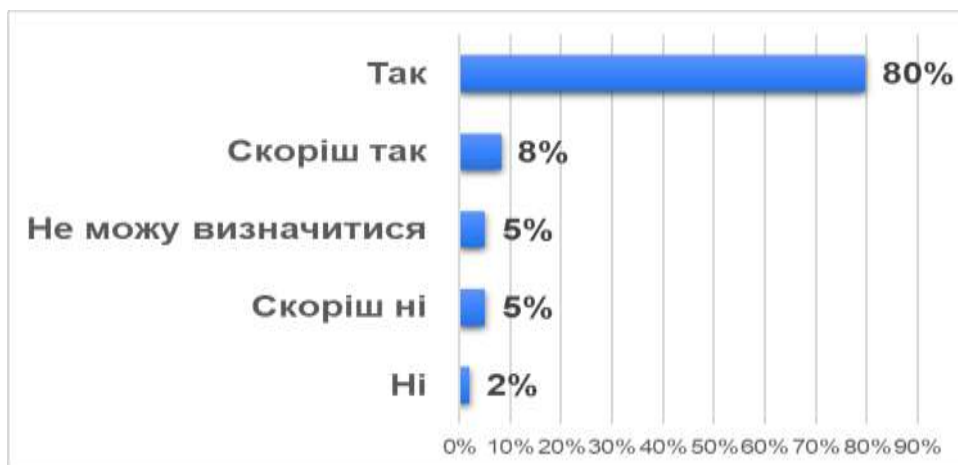


Рис. 66. Встановлення бажання учнів 7-9 класів вчитися з VR

Слід зауважити, що внутрішній супротив учасників освітнього процесу до використання будь-яких нових засобів навчання завжди сприяє негативному ставленню до самого навчання, Тому важливо з'ясувати ставлення учнів до використання новітньої технології в повсякденному навчанні. Про позитивне ставлення до нововведення зазначили – 90% учнів, 9% – пропонували використовувати нову технологію на окремих предметах, не змогли визначитися - 1% (рис. 67).

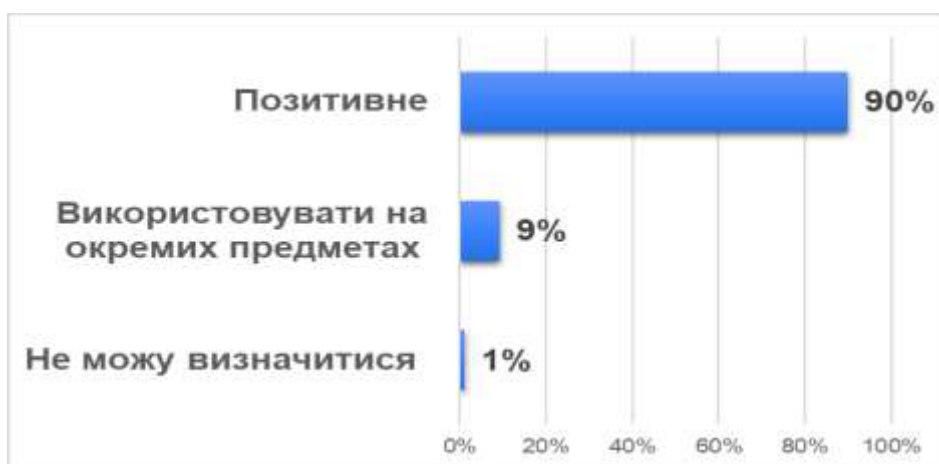


Рис. 67. Ставлення учнів 7-9 класів до використання VR в освітньому процесі

Аналізуючи процедуру впровадження технології VR в освітню практику було встановлено, що первинними навичками використання окулярів віртуальної реальності мають опанувати як учні, так і вчителі.

Для цього необхідно сформувати різнорівневі групи та провести тематичні навчання – тренінги. До такої процедури можна долучити відповідальних старшокласників. Під час планування уроку з використанням VR, необхідно враховувати час на адаптування та заряджання гарнітури.

Отже, готовність учнів 7-9 класів до застосовувати VR в освітньому процесі залежить від низки факторів, а саме:

- наявність в учнів та вчителів засобів віртуальної реальності для застосування в освітньому процесі;
- забезпечення учасників освітнього процесу якісним освітнім контентом, розробленого за технологією VR;
- компетентність вчителів у питаннях інтеграції VR в освітній процес, зокрема під час практичних і лабораторних робіт;
- налагодження взаємозв'язків між розробниками VR та науково-педагогічною й педагогічною спільнотами з метою ефективного впровадження в освітню практику.

Ми погоджуємося з думкою колег, що попри високий рівень зацікавленості технологією VR, позитивними перспективами розвитку освітніх технологій, серед проблемних питань залишаються вартість засобів VR та стурбованість освітян, що віртуальна реальність може призвести до ізоляційного уявлення світу (22%) і проблем зі здоров'ям, зокрема такими, як запаморочення (19%).

Віртуальна реальність має зайняти відповідне місце в процесах здобуття освіти й щоденному навчанні учнів та стати для них дієвим інструментом як для досягнення вищих результатів, так і самоосвіти.

Науковою спільнотою встановлена значна кількість переваг щодо використання VR, зокрема у досягненні навчальних цілей, ефективності навчання, підвищенні пізнавальної активності учнів.

Учні є індикаторами якісного використання освітніх технологій, їм подобається все нове, зокрема віртуальна реальність, і це може стати мотивуючим фактором у процесі впровадження.

Аналізуючи результати анкетування ми дійшли висновку, що учні 7-9 класів готові до використання VR у навчанні. Важливими аспектами для досягнення ефективності впровадження і використання залишаються такі, як забезпечення окулярами віртуальної реальності, освітнім контентом, формування навичок використання VR та інтеграція VR в зміст навчання.

На думку учнів у першу чергу предмети природничого циклу заслуговують на розроблення контенту за технологією VR, а зокрема фізика, біологія, хімія. Значну перевагу учні також віддали інформатиці, географії та історії.

Позитивне ставлення та бажання учнів використовувати VR підтверджує їхню готовність до навчання у віртуальному освітньому середовищі, з метою досягнення як вищих результатів навчання, самоосвіти, так і формування індивідуальну траєкторії розвитку.

Подальшого дослідження буде спрямоване на дослідження ролі вчителя у віртуальному освітньому середовищі, сформованому за технологією VR.

3.6. РОЗВИТОК КОГНІТИВНИХ ЗДІБНОСТЕЙ СТАРШОКЛАСНИКІВ ЗАСОБАМИ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Технології доповненої та віртуальної реальності використовуються вже не тільки для розваг. На часі вони стали невід'ємною частиною навчання та спеціальної підготовки, лікування психічних і неврологічних порушень, а також частиною виробничих процесів. В освіті VR стає все більш використовуваною технологією, а формування компетентності було і залишається у фокусі навчальних впливів на будь-якому рівні освіти, зокрема у професійній освіті, а також під час оцінювання результатів навчання. Так, у роботі [74] презентовано використання VR для визначення компетентності. Автори представляють дві моделі розпізнавання компетентностей у професійному середовищі на основі VR, два типи відповідних реалізацій за допомогою технології Oculus Quest VR з платформами розробки Unity та 3DVista, результати оцінювання такого досвіду.

Крім того, за даними NexTech AR Solutions Corp., використання засобів розширеної реальності WebXR і загальні витрати на цифрову рекламну діяльність перевищать 455 млрд. ам. дол. у 2021 р. [79]. Відповідно, навчальний процес вже у школі має враховувати невинний характер проникнення імерсивних технологій у всі сфери життя людини та готувати молоде покоління до їх ефективного та безпечного використання [152], потребує нових концепцій [179] та інструментів навчання [189]. Проте синтетичне навчальне середовище та використання когнітивних моделей світу в ньому мають свою специфіку та еволюцію впливу на свідомість і когнітивні можливості людини [20], що може призвести до виникнення кіберзахворювань [111], відхилень у стані та сенсорних системах людини і до погіршення ефективності когнітивної діяльності [27].

Так, у дослідженні [102] автори вказали на позитивний ефект, що може мати VR на пом'якшення аспектів стресу. Під час зростання тривоги і збільшення випадків депресій, викликаних пандемією COVID-19, дослідники все частіше пропонують тренування співпереживання за допомогою інтерактивних ігрових додатків віртуальної реальності – емпатичну підтримку, сучасну методику боротьби з депресією. Проте, використання VR має тенденцію посилювати емоційні реакції, а це може мати і негативні наслідки, зокрема для нервової та серцевої динаміки.

Вплив тривалого використання «head-mounted display» віртуальної реальності (шолома VR) на візуальні параметри досліджено у Кореї [146]. Проаналізовано відмінності у візуальних параметрах до та після використання VR SHMD або смартфонів, а також кореляцію між базовими візуальними параметрами та тими, що були після використання зазначених пристроїв. Значні зміни та відхилення були помічені більшою мірою після використання VR

SHMD, але не після використання смартфонів. Зокрема, більш серйозним є суб'єктивний дискомфорт, пов'язаний із сухістю очей та неврологічними симптомами.

Слід зауважити, що переважна більшість досліджень направлена на вивчення кіберзахворювань по відношенню до руху та рівноваги, у той час, як відхилення у когнітивній сфері практично не вивчені, за винятком окремих досліджень впливу VR на лікування психічних порушень. У першому випадку основним інструментом вимірювань є опитувальники суб'єктивного стану людини після використання технологій VR, а у другому використовуються об'єктивні методи (електроцефалографія, магніторезонансна томографія). Дослідження об'єктивного впливу віртуальної та доповненої реальності на психофізіологію учнів практично відсутнє.

Узагальнюючи підходи до визначення поняття «кіберзахворювання» та враховуючи власний досвід і результати дослідження можемо надати таке визначення: кіберзахворювання – це дискомфорт, який відчувають користувачі під час або після сеансу в синтетичному середовищі. Це повсюдна проблема синтетичного навчання, що відбувається у цифровому навчальному середовищі, зокрема, із застосуванням віртуальної та доповненої реальності.

Враховуючи авторський досвід експериментальних та практичних досліджень впливу імерсивного навчального середовища на когнітивні можливості учнів [19], [95], пропонується методика об'єктивізації діяльності випробувачів із застосуванням засобів віртуальної реальності, особливостями якої є те, що реєстрація об'єктивних показників психофізіологічного забезпечення когнітивної діяльності проводиться протягом 5 хвилин до та 5 хвилин після виконання тестових завдань тривалістю 30 хвилин.

Психологічні показники включають результати виконання модифікованого тесту САН (самооцінка-активність-настрій) та суб'єктивне відчуття часу.

Фізіологічна оцінка стану випробувача проводиться шляхом вимірювання частоти серцевих скорочень, артеріального тиску та результатів електропунктуро діагностики за методикою Накатані, як у дослідженні [18].

Аналіз даних базується на оцінювання змін у зареєстрованих показниках після виконання тестової діяльності по відношення до вихідного стану.

Запропонована методика дозволяє оцінити факт впливу AR/VR на когнітивну діяльність та психофізіологічні показники випробувача, а також рівень таких змін. Використання методики у поєднанні з іншими методиками оцінювання контрольованого впливу AR/VR на когнітивну діяльність здобувача знань дозволить оцінити психофізіологічну «ціну» використання імерсивних технологій у залежності від когнітивного навантаження, індивідуальних особливостей і умов використання.

3.7. ВКЛЮЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ ДО ОСВІТЯНСЬКОЇ ПРАКТИКИ: МОЖЛИВОСТІ І ПЕРЕШКОДИ ЗАСТОСУВАННЯ

Покоління сучасних учнів, студентів формуються й розвиваються не тільки в традиційних класно-аудиторних середовищах, а й в середовищах віртуальних, що впливає на зміну їхніх освітніх запитів і вимагатиме реалізації нових цілей і завдань освітньої практики, використання нових форм і форматів функціонування освітніх ресурсів.

Спроби створення інтерактивних пристроїв, що дозволяють взаємодіяти з імітуючою реальністю або доповнювати реальність інформацією, що накладається, робилися ще на початку XX століття. Перші дослідження в області побудови віртуальної реальності з використанням цифрових технологій почалися в Массачусетському технологічному інституті (США) понад півстоліття тому. Віртуальна реальність являє собою технологію людино-машинної взаємодії, яка забезпечує занурення користувача в тривимірне інтерактивне інформаційне середовище [39]. Серед систем віртуальної реальності виділяють класичну віртуальну реальність (VR - Virtual Reality) – користувач взаємодіє з віртуальним світом, який існує тільки всередині комп'ютера; доповнену, комп'ютерно-опосередковану, реальність (AR- Amended Reality) – інформація, що генерується комп'ютером, накладається поверх зображень реального світу; змішану реальність (MR - Mixed Reality) – віртуальний світ пов'язаний з реальним і включає його в себе.

Технології віртуальної реальності вийшли на освітній ринок не так давно й швидко розвиваються. Класифікації щодо застосування доповненої реальності в освітній сфері наведені в зарубіжних джерелах [147]. Автори називають такі типи: книги з технологією доповненої реальності, що утворюють своєрідний місток між фізичним і цифровим світом; навчальні ігри; навчальні програми; моделювання об'єктів; додатки для тренування навичок. Аналізуючи застосування технології доповненої реальності в освіті, дослідники [88] відзначають такі позитивні характеристики як: інтерактивність, простоту використання, використання ефекту подиву і мотивації учня. З'явилися і продовжують з'являтися нові способи демонстрації природних процесів, явищ, структури і динаміки фізичних об'єктів за допомогою комп'ютерних моделей. Одним з перспективних напрямків стало використання середовищ віртуальної і змішаної реальності на основі освітніх платформ і спеціалізованого устаткування. Можливості середовищ віртуальної реальності на основі засобів ІКТ в освіті досліджувалися практично з початку їх масового виробництва. В даний час при вивченні різних дисциплін, розділів фізики зокрема, питанням

застосування технологій змішаної і віртуальної реальності продовжує приділятися велика увага завдяки суттєвому розширенню можливостей роботи з віртуальними моделями і обладнанням [40].

Проте, існують і обмеження використання даної технології [171], які пов'язані з: технічними моментами; високою вартістю впровадження і експлуатації рішень в сфері доповненої і віртуальної реальності; нестачею спеціалізованого контенту і недосконалістю пристроїв (контент має відповідати цілому набору вимог, в тому числі науковій достовірності, його можуть запропонувати далеко не всі розробники); негативним впливом на здоров'я, психоемоційним напруженням [47].

Значимою проблемою є і відсутність єдиної методології. Технології доповненої реальності розвиваються настільки стрімко, що дослідження в сфері освіти та педагогіки просто не встигають надати теоретичного осмислення або розробити системну методологію [15]. Мова йде про вироблення нового класу методичних рішень, які використовують педагогічні можливості, що відкриваються у зв'язку з появою нових технологічних засобів. Вони, зокрема, спираються на широке використання самостійної індивідуальної роботи учнів і їх спільної роботи в малих групах. Вимагає вирішення й питання інтеграції додатків в освітній процес. Варто зауважити, що при всій інтерактивності, додатки доповненої реальності не мають зворотного зв'язку з учнем/учнями, необхідного для контролю засвоєння знань і навичок. Використання технології доповненої реальності вимагає й значних ресурсів і спеціальної підготовки педагогів.

Одним із аспектів використання технології доповненої реальності в освітній практиці є проектна діяльність школярів. Наростаюча цифровізація суспільства не може обійти стороною сферу освіти, що актуалізує вивчення можливостей і перспектив застосування цифрових технологій як у вищій так і в середній загальноосвітній школі. Дидактичні можливості сучасних технологій та їх застосування в освіті є одним з актуальних напрямків педагогіки. Сьогодні бачиться перспективним використання технології доповненої реальності в освітніх практиках [144].

Зарубіжні дослідники і практики почали приділяти увагу цифровим технологіям і технологіям доповненої реальності в освіті порівняно недавно. Перші спроби застосування доповненої реальності були здійснені в Массачусетському технологічному інституті в 2006 і 2007 рр. в навчальних іграх [120].

Мобільні додатки доповненої реальності, розроблені з метою застосування в освіті, використовують два основні сценарії взаємодії користувача з навколишнім середовищем: 1) за допомогою маркера, до якого прив'язується

віртуальний об'єкт; 2) з накладанням шару віртуальних об'єктів на весь простір кадру зовнішньої камери пристрою. Класифікації щодо застосування доповненої реальності в освітній сфері наведені в зарубіжних джерелах [147]. Автори називають такі типи: книги з технологією доповненої реальності, що утворюють своєрідний місток між фізичним і цифровим світом; навчальні ігри; навчальні програми; моделювання об'єктів; додатки для тренування навичок. Аналізуючи застосування технології доповненої реальності в освіті, дослідники відзначають такі позитивні характеристики як [88]: інтерактивність, простоту використання, застосування ефекту подиву і мотивації учня.

З'явилися і продовжують з'являтися нові способи демонстрації природних процесів, явищ, структури і динаміки фізичних об'єктів за допомогою комп'ютерних моделей. Одним з перспективних напрямків стало використання середовищ віртуальної і змішаної реальності на основі освітніх платформ і спеціалізованого устаткування. Можливості середовищ віртуальної реальності на основі засобів ІКТ в освіті досліджувалися практично з початку їх масового виробництва. В даний час при вивченні різних дисциплін, розділів фізики зокрема, питанням застосування технологій змішаної і віртуальної реальності продовжує приділятися велика увага завдяки суттєвому розширенню можливостей роботи з віртуальними моделями і обладнанням [40; 70; 97].

Проте, існують і деякі обмеження використання даної технології [171], які пов'язані, перш за все, з технічними моментами. Значимою проблемою є і відсутність єдиної методології: технології доповненої реальності розвиваються настільки стрімко, що дослідження в сфері освіти та педагогіки просто не встигають надати теоретичне осмислення або розробити системну методологію [15]. Вимагає вирішення й питання інтеграції додатків в освітній процес. Варто зауважити, що при всій інтерактивності, додатки доповненої реальності не мають зворотного зв'язку з учнем/учнями, необхідного для контролю засвоєння знань і навичок. Використання технології доповненої реальності вимагає й значних ресурсів і спеціальної підготовки педагогів.

Технології доповненої реальності в освіті знаходяться на етапі свого становлення, і, з огляду на перспективи їх розвитку, необхідно вивчати й аналізувати досвід їх застосування та знаходити можливості включення їх до освітянської практики, наприклад, через проектну діяльність школярів.

Так, на сьогодні діючими навчальними програмами (Фізика і астрономія. Навчальні програми для 10–11 класів закладів загальної середньої освіти (рівень стандарту, профільний рівень). Затверджено МОН України (наказ № 1539 від 24.11. 2017 р.); Природничі науки. Інтегрований курс 10–11 клас. Навчальна програма для закладів загальної середньої освіти. Затверджено Міністерством освіти і науки України (наказ № 1407 від 23.10.2017 р.); Фізика 7–9 класи.

Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів. Затверджено Наказом Міністерства освіти і науки України від 07.06.2017 № 804 <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv>) передбачено виконання навчальних проектів з фізики, зокрема, при вивченні тем «Ядерна енергетика» (розділ «Квантова фізика», 11 клас), «Фізичні основи атомної енергетики» (розділ «Фізика атома та атомного ядра», 9 клас), «Енергія» розділ «Технології» Інтегрованого курсу, 11 клас). Це, зокрема, переваги і недоліки використання ядерної енергії, розвиток атомної енергетики України, способи забезпечення безпеки ядерних реакторів і АЕС, проблеми Чорнобиля, впливи атомної енергетики на екологію, захист від впливу радіоактивного випромінювання тощо.

Результатами навчально-пізнавальної діяльності учнів у ході виконання навчальних проектів мають бути знаннєвий компонент (знають принцип дії ядерного реактора, знають про вплив радіоактивного випромінювання на живі організми); діяльнісний компонент (пояснюють іонізаційну дію радіоактивного випромінювання, користуються дозиметром (за наявності), використовують набуті знання для безпечної життєдіяльності), ціннісний компонент (усвідомлюють переваги, недоліки і перспективи розвитку атомної енергетики, можливості використання термоядерного синтезу, оцінюють доцільність використання атомної енергетики та її вплив на екологію, ефективність методів захисту від впливу радіоактивного випромінювання).

3.8. ВРАХУВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЙ AR/VR ПРИ ЇХ ВИКОРИСТАННІ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Протягом останніх десятиліть цифрові технології, постійно оновлюючись, швидко поширюються у різних сферах життєдіяльності соціуму. Зокрема, для освіти, відкриваються нові можливості доступу до цифрових інструментів, матеріалів та сервісів. Цифрова трансформація неминуче веде до змін змісту освіти, методів та організаційних форм навчальної роботи. Необхідно переглянути та оптимізувати навчально-методичні та організаційні рішення, інформаційні матеріали, інструменти, використовуючи швидко зростаючий потенціал цифрових технологій.

У закладах загальної середньої освіти України, в рамках забезпечення STEM-освіти, з'являються засоби віртуальної реальності, у підручниках, посібниках для ЗЗСО - об'єкти доповненої реальності, ІТ-компанії пропонують новітні засоби навчання з елементами AR і VR [179].

Об'єкти доповненої реальності використовуються як інструменти візуалізації освітнього контенту [175]. Проте, існують і обмеження використання даної технології, які пов'язані з високою вартістю впровадження і експлуатації рішень в сфері доповненої і віртуальної реальності; нестачею спеціалізованого контенту і недосконалістю пристроїв (контент має відповісти цілому набору вимог, в тому числі науковій достовірності, його можуть запропонувати далеко не всі розробники); негативним впливом на здоров'я, психоемоційним напруженням. Значимою проблемою є і відсутність єдиної методології. У дослідженні [113] проаналізовано відмінності VR/AR. Автори надають перевагу засобам доповненої реальності, враховуючи, в першу чергу, критерії доступності для користувача та стриманий вплив на сприйняття та психічні реакції учня.

У нижченаведеній таблиці подано характеристики AR /VR технологій, з метою виявлення найкращого варіанта застосування в освітньому процесі.

На наш погляд, з точки зору застосування в освітньому процесі ЗЗСО, доповнена реальність є кращим варіантом. По-перше, достатньо мати мобільний пристрій із встановленим на ньому AR-додатком. Учні мають можливість працювати з навчальним матеріалом як на уроках в аудиторії, так і поза нею. По-друге, при використанні на заняттях AR учень не відривається від фізичної реальності.

Таблиця 12.

Порівняння технологій AR і VR

Характеристики	Технологія віртуальної реальності (VR)	Технологія доповненої реальності (AR)
Взаємодія користувача з фізичною реальністю	Низька: користувачі ізольовані від фізичної реальності та занурені за допомогою пристрою в повністю цифровий сенсорний світ	Висока: взаємодія з реальним світом, заснована на цифровій інформації, доданий до того ж світу
Рівень занурення у цифровий досвід	Високий: припускається повне занурення у повністю оцифровану реальність	Середній: залежить від цифрової щільності, доданої до фізичної реальності
Пристрої візуалізації (обладнання)	Смартфон, VR-окуляри, трекінгові системи, VR-шолом, сенсорні гарнітури	Смартфон, AR-окуляри
Джерело зображення	Комп'ютерна графіка або реальні зображення	Поєднання комп'ютерно-генерованих зображень та об'єктів реального світу

Характеристики	Технологія віртуальної реальності (VR)	Технологія доповненої реальності (AR)
Перспектива/ ракурс	Віртуальні об'єкти змінюють свою позицію та розміри відповідно до положення	Віртуальні об'єкти позиціонуються на підставі положення користувача в реальному світі
Доступність	Низька: дороге обладнання	Висока: мінімальний набір обладнання; легкість розповсюдження через мережні сервіси

Користувач не виходить в повністю цифрову реальність, тому відсутня можлива неузгодженість механізмів зорового сприйняття й аномальні поведінкові реакції. В учнів залишається можливість взаємодії з викладачем та групою. Можливе використання засобів доповненої реальності задля створення зв'язку між теоретичним матеріалом і практичними роботами, що є особливо суттєвим для дисциплін природничо-математичного циклу ЗЗСО. Важливим аспектом підвищення якості освіти є включення до системи шкільних експериментів елементів віртуальної та доповненої реальності.

Цифрова трансформація стала важливою ознакою й рисою сучасності. Перехід до цифрової економіки, події, що наразі відбуваються - пандемія COVID-19, воєнний стан в Україні, впливають безпосередньо й на систему вітчизняної освіти. Чуттєвими до цього впливу є організація освітнього процесу у закладах освіти всіх рівнів, створення й функціонування середовища для забезпечення навчального процесу й комунікації всіх його учасників – учнів/студентів, вчителів/викладачів, керівників закладів освіти. Це ж стосується створення й використання цифрового освітнього контенту. Затребуваними стають імерсивні технології, технології і засоби доповненої (AR), віртуальної (VR) й змішаної (MR) реальностей [185].

Варто зауважити щодо необхідності визначення видів навчальної діяльності у обраній предметній дисципліні, такі що: можуть бути повністю переведені в цифровий формат з метою забезпечення вищого освітнього результату; вимагають змішаного або «гібридного» підходу до реалізації цифровізації, при якому поряд з навчанням у класі застосовується комп'ютерна апаратна техніка, в тому числі мобільні пристрої, а також локальні та мережеві ресурси та інструменти віртуального середовища; повинні залишитися у своєму класичному варіанті, а ІКТ будуть застосовуватися в ресурсній або інструментальній формі як технології, що підсилюють наочність та інформаційну насиченість навчання.

Для дисциплін природничо-математичного циклу залишається вимога проведення демонстраційного навчального експерименту, лабораторних й практичних робіт, виконання навчальних проєктів.

Діяльність учнів з виконання шкільного, зокрема фізичного, експерименту не може бути в повному обсязі перенесена до віртуального середовища. Її трансформація повинна носити змішаний, гібридний характер, інакше учні не зможуть освоїти досвід виконання натурних експериментальних досліджень фізичних процесів та природних явищ.

Для організації/супроводу/підтримки навчального експерименту вчителі-практики наразі активно застосовують засоби й інструменти з дидактичним потенціалом, для яких бути сформований відповідний цифровий контент:

- відеозаписи натурних експериментів (наукових, навчальних), природних явищ та результатів спостережень за природними процесами; дослідів (експериментів, спостережень), які неможливо виконати в умовах шкільної практики;
- інтерактивне відео натурального навчального експерименту з широким спектром прийомів організації його перегляду та контролю засвоєння змісту відеоматеріалу;
- віддалені лабораторії натурального експерименту із застосуванням сервісів Інтернету;
- віртуальні моделі фундаментальних наукових експериментів, які є недоступними для показу в умовах шкільного середовища;
- моделювання та візуалізація у віртуальному середовищі мікрооб'єктів та мікропроцесів, що досліджуються в експерименті;
- інтерактивні моделі навчального демонстраційного експерименту, реалізовані засобами сучасної комп'ютерної графіки [169];
- інтерактивні моделі лабораторного експерименту як засобу формування у учнів уявлень про експериментальний метод вивчення явищ природи та відпрацювання експериментальних умінь та навичок [170].

На сучасному освітньому ринку широко представлені різноманітні анімації та достатня кількість інтерактивних моделей для ілюстрації фізичних експериментів. Це моделі для яких характерні специфічний стиль візуалізації, кнопково-анімаційний інтерфейс, невисокий рівень інтерактивності, наявність мінімуму текстової інформації, у ряді випадків звуковий супровід та організація контролю засвоєння школярами навчального матеріалу. Моделі прості в роботі та загалом корисні для застосування на уроках з фізики (рис. 68).

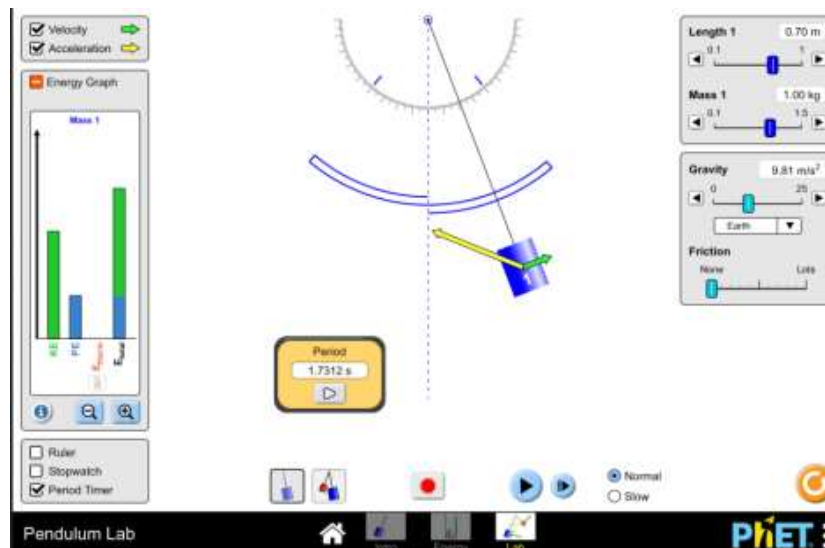


Рис. 68. Симуляція «Лабораторія маятників» від проекту PhET Interactive Simulations »¹¹

Поряд з цим з'явилися моделі віртуальних фізичних експериментів, розроблені із застосуванням 3D-технологій проектування експериментальних установок.

Віртуальна реальність, наразі, здебільшого використовується в університетській освіті або додатковій освіті дорослих, і менше – у шкільній освіті. У системі загальної середньої освіти більш поширене застосування освітнього AR – контенту, який може вбудовуватися в чинні шкільні програми, у її варіативній частині, може бути використаний як елемент позашкільної освіти, при виконанні науково-дослідницьких робіт різного рівня – від шкільного до всеукраїнського, у проектній діяльності через виконання навчальних тематичних проектів [194].

Можливі варіанти використання додатків із застосуванням доповненої реальності (AR) у контексті викладання електродинаміки представлено у дослідженні [16]. У роботі [73] авторами представлено інноваційний навчальний контент, який використовує сильні сторони віртуального середовища для вивчення механіки (рис. 69).

Зміни у навчанні природничих наук за допомогою тривимірної комп'ютерної графіки здійснюються компанією LabInApp. Це освітній продукт «Physics 3D Virtual Experiments» [110]. Розробниками створено крос-платформний програмний продукт у вигляді віртуальної лабораторії для проведення експериментів з природничих наук, фізики зокрема.

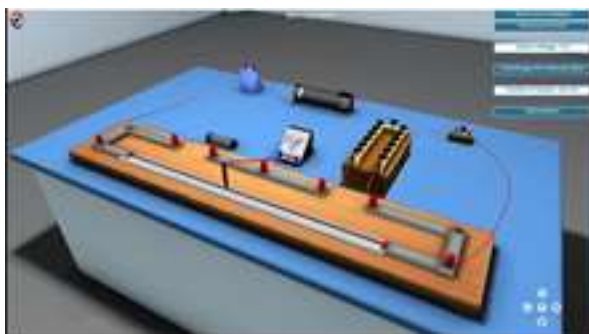
¹¹ URL: <https://phet.colorado.edu/uk/simulations/pendulum-lab>



а)



б)



в)



г)

Рис. 69. Тривимірні інтерактивні моделі, що можуть бути використані під час вивчення розділів фізики: а)-б) «Механічні коливання», в) «Електрика», г) «Оптика» (Physics 3D Virtual Experiments, компанія LabIn App)

Популярний додаток LabInApp Spark Learning (<https://labinapp.com/spark-learning-app/>) фокусується на експериментальній діяльності, що і дозволяє учням отримати реальний досвід (рис. 70).

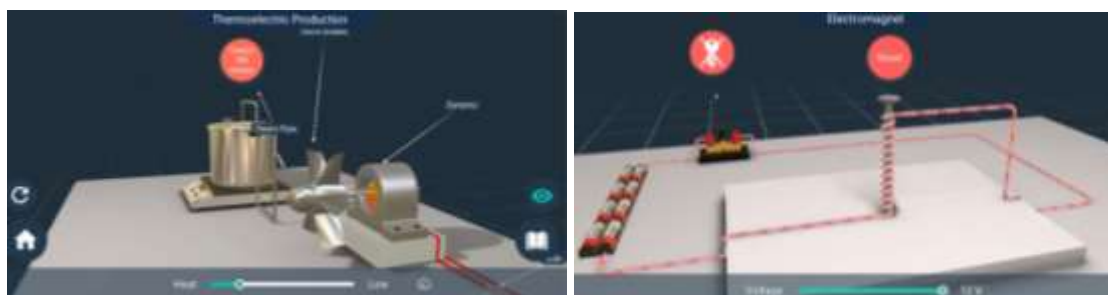


Рис. 70. Навчальні досліді розділу «Електродинаміка» у програмі Spark Learning

На вітчизняному ринку з'явилися розробки компанії Flexrealit (<https://flexreality.pro/ua/>) – лабораторії для вивчення природничих предметів із використанням доповненої та віртуальної реальності у формі електронного додатку для найпоширеніших гаджетів. Це, зокрема, і VR-додатки для навчання фізиці, мобільний застосунок AR Book, розроблений в рамках проекту на замовлення Міністерства освіти і науки України. Додаток розроблений для учнів

середньої школи і дозволяє відтворити тривимірні процеси, явища і експерименти з прив'язкою до сторінок підручника фізики (рис. 71).



Рис. 71. Навчальна лабораторія для вивчення природничих предметів, «Фізика», із використанням віртуальної реальності.

Технології доповненої й віртуальної реальностей знаходяться на етапі включення до освітнянських практик. Застосування їх в освітньому процесі відкриває можливості вирішення таких дидактичних завдань, як диференціація навчання, організація самостійної діяльності, організація спільної діяльності учнів у групах (рис. 72).



Рис. 72. Приклади AR-підтримки друкованого підручника з фізики

Об'єкти доповненої й віртуальної реальностей можуть бути використані як додатковий засіб формування в учнів уявлень про експериментальний метод пізнання явищ природи і відпрацювання ними окремих експериментальних умінь. Інтерактивні віртуальні лабораторні роботи є засобом розширення практики підготовки до виконання навчального експерименту та його виконання. З огляду на цей процес постає питання розробки методик використання зазначених технологій у навчанні дисциплін природничого циклу.

3.9. ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ І СЕРВІСІВ ХМАРО ОРІЄНТОВАНИХ СИСТЕМ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ І ПРОФЕСІЙНОГО РОЗВИТКУ ВЧИТЕЛІВ: АСПЕКТ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Ситуація з COVID-19 (самоізоляція, довготривалі карантини, широкомасштабне впровадження дистанційних форм професійної комунікації) змінила свідомість суспільства щодо цифрових технологій та їхнього використання. Нині Європейська комісія сповнена рішучості вирішити проблему цифрового розриву і просувати проекти та стратегії, спрямовані на підвищення рівня цифрових компетентностей в Європі [105], зокрема в рамках Програми «Цифрова Європа».

Програма «Цифрова Європа» підтримує п'ять ключових проектів за такими напрямками, як: суперкомп'ютери, штучний інтелект, кібербезпека, передові цифрові навички та забезпечення широкомасштабного використання цифрових технологій [105]. Ці ключові напрями мають забезпечити цифрову трансформацію європейського суспільства.

Саме широкомасштабне впровадження цифрових технологій дасть можливість забезпечити сталий розвиток суспільства, підвищити якість освіти, зокрема педагогічної та постійно розвивати цифрові компетентності вчителів на засадах використання засобів і сервісів хмаро орієнтованих систем відкритої науки [178].

Питання навчання і професійного розвитку вчителів постійно піднімаються вітчизняними і зарубіжними вченими. У загальнодоступній пошуковій системі, що індексує повні тексти наукових публікацій Google Академія за запитом «навчання майбутніх вчителів» з 2017 по 2020 роки з 70 проіндексованих статей тільки 13 (18%) висвітлювали питання використання ІКТ в освітній галузі.

У 2021 році науковий інтерес до використання ІКТ у підготовці майбутніх вчителів стрімко зріс. Із 70 статей, що проіндексовано системою Google Академія у 2021 році 41% присвячено використанню ІКТ, зокрема використанню технологій дистанційного навчання.

Науковий інтерес залишається актуальним і за напрямом професійного розвитку вчителів, обумовлений розвитком науки, техніки та технологій, що потребує системного оновлення змісту навчання під час курсової перепідготовки. Професійних розвиток вчителів з використанням ІКТ, розвиток ІК-компетентності вчителя, розвиток STEM-компетентностей вчителя, використання сервісів в професійній діяльності вчителів-предметників набрали популярності в 2021 році.

Не дивлячись на зростаючий інтерес учених до цього питання використання засобів і сервісів хмаро орієнтованих систем відкритої науки вченими

досліджено не повною мірою, зокрема використання доповненої реальності вчителями ліцеїв, у яких здійснюється спеціалізація і поглиблене вивчення предметів.

Концепція відкритої науки відображає новий підхід до наукового процесу, що базується на спільній роботі та нових способах поширення наукових знань шляхом використання цифрових засобів і технологій, при цьому основна увага зосереджується на двох напрямках: відкритих даних досліджень та відкритому доступі до наукових публікацій [187].

Саме другий аспект дає можливість вітчизняним ученим вивчати закордонний досвід і використовувати результати в практичній діяльності та презентувати власні результати досліджень в міжнародному науковому просторі.

Проблеми, що виникли в результаті широкомасштабної пандемії COVID-19, розширили межі дослідників, і вчителі, їх професійне зростання в умовах цифрової трансформації стали актуальними предметами дослідження, зокрема їхньої ІК-компетентності.

Використання засобів і сервісів хмаро орієнтованих систем потребує від вчителя певного рівня ІК-компетентності. Не дивлячись на те, що з 2004 року в системах вищої та післядипломної освіти започатковано вивчення ІК-технологій вчителями у змісті освітніх програм залишаються такі теми як створення презентацій, робота з таблицями та використання текстового редактора, що не є затребуваними і актуальними нині.

Кожний вчитель, враховуючи здібності та технологічні можливості, обирає для себе найпростіші, інтуїтивно-зрозумілі технології. Це підтверджується низкою всеукраїнських опитувань, що були проведені протягом 2020–2021 рр. [191].

Зазначимо що зміст терміну «найпростіші» для кожної вікової категорії уточнюється і з часом розширюється та ускладнюється: чим молодший учитель, тим складніші цифрові технології для нього є простими. Це обумовлено середовищем у якому зростають нові покоління вчителів, а саме □ цифровим.

Розглянемо готовність вчителів до використання цифрових засобів і сервісів, у розрізі ліцеїв, які не були виокремлені в жодному опитуванні. Станом на квітень 2021 року було опитано 200 вчителів ліцеїв та встановлено, що для комунікації з учнями вчителі обрали: Viber – 146 ос., Google Apps – 27 ос., Zoom – 142 ос., Padlet – 23 ос., Site School – 85 ос., Skype – 17 ос., Електронний щоденник – 65 ос., Microsoft Teams – 9 ос., Google Classroom – 32 ос., Moodle – 7 ос. (рис. 73).



Рис. 73. Використання вчителями ліцеїв цифрових технологій

Результати опитування показали, що вчителі ліцеїв обрали три найпростіших засоби для організації дистанційної форми навчання: Zoom – для онлайн-уроків, Viber – для миттєвих повідомлень, а також сайт ліцею – для розміщення офіційної інформації. Прослідковується пряма залежність в обранні засобів вчителями – це цифрові аналоги очного навчання (Zoom – урок, Viber – щоденник, сайт – шкільні оголошення). Обрані засоби забезпечили виключно підтримання освітнього процесу, а не його якості, оскільки жодний учитель не зазначив про використання цифрового освітнього контенту: комп’ютерного моделювання, 3D-моделей, віртуальних лабораторій, систем комп’ютерної математики та ін.

Аналізуючи ситуацію з COVID-19, було встановлено, що професійний розвиток учителя полягає, як в опануванні методами викладання предмету, так і у використанні засобів та сервісів для організації різних форм навчальної діяльності учнів, зокрема з використанням хмаро орієнтованих систем [178].

Враховуючи результати опитування та думку вчених, зазначимо, що найголовнішою проблемою навчання і професійного розвитку вчителів залишається відсутність інноваційного освітнього цифрового контенту, як засобу унаочнення змісту навчання та практичного застосування в освітній практиці, зокрема за дистанційною формою навчання.

Розвиток хмаро орієнтованих систем нині виокремлює один із перспективних напрямів – розроблення цифрового освітнього контенту за технологією доповненої реальності (AR) [179]. Одним із вдалих проєктів, що підтримується провідною компанією Microsoft є MERGE Cube (<https://mergeedu.com/cube>).

MERGE Cube – це альтернативний інтерактивний засіб навчання, що дозволяє демонструвати 3D-об’єкти живої і неживої природи в реальному часі

(MERGE Cube. AR/VR Learning & Creation. URL: <https://mergeedu.com/cube>). Шість основних граней цього куба дають можливість розглянути предмет з різних боків: зверху (англ. top), зліва (англ. left), справа (англ. right), знизу (англ. bottom), фронтально (англ. front), ззаду (англ. back) (рис. 74)

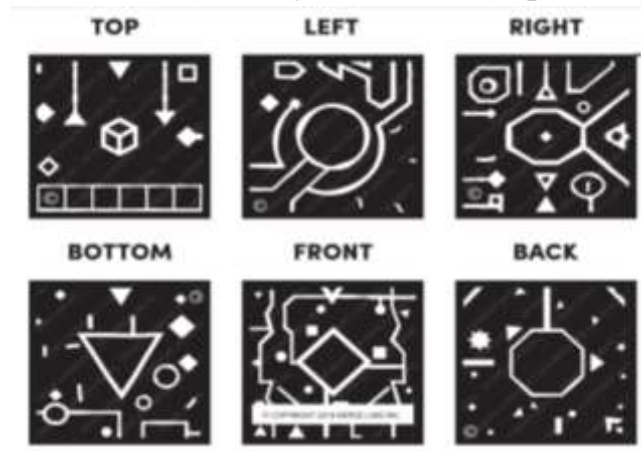


Рис. 74. Основні грані MERGE Cube

MERGE Cube – це унікальна річ, що була створена Amazon Business, завдяки якій учні мають можливість досліджувати 100 інтерактивних моделей різних галузей науки. Такий куб можна придбати, а можна створити самостійно за пропозицією на сайті <https://www.arvrinedu.com/post/merge-cube-printable> для вільного користування.

Для використання MERGE Cube в освітньому процесі необхідно використовувати мобільний телефон або планшет та спеціальне програмне забезпечення (рис. 75).

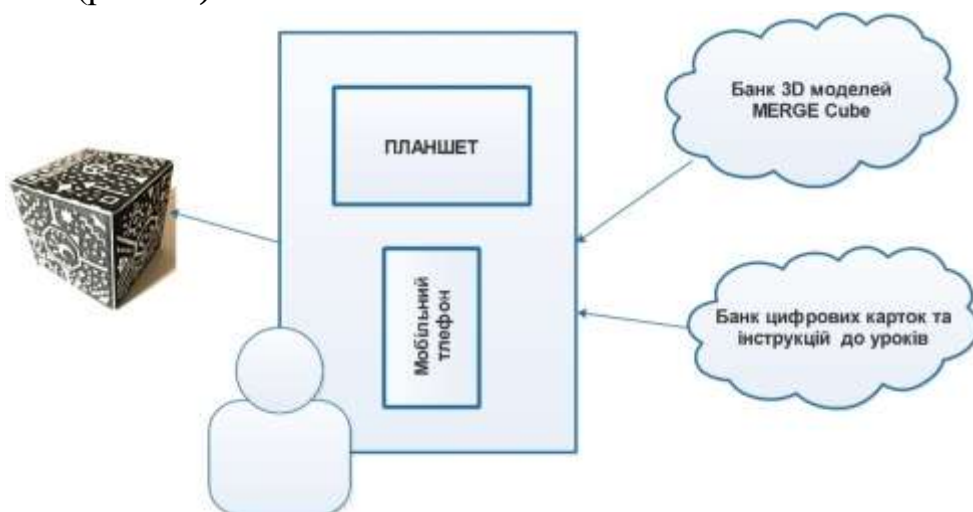


Рис. 75. Хмаро орієнтована система MERGE Cube для навчання

Зауважимо, що використовувати цей куб можна у поєднанні із засобами (мобільним телефоном або планшетом), на яких встановлено одну з двох операційних систем: Android або iOS. Зображення піктограм спеціального

програмного забезпечення на цих засобах будуть однаковими, що спрощує опис доступу до нього (рис. 76).

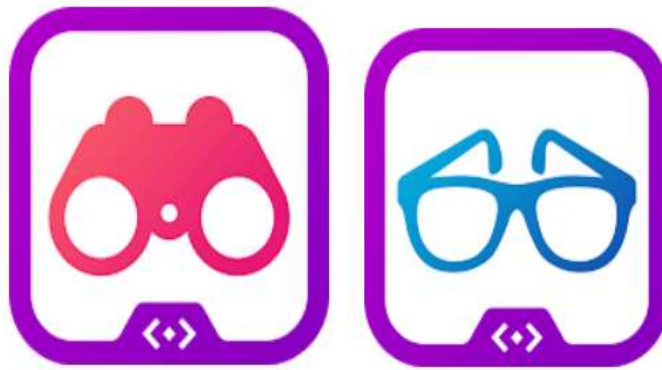


Рис. 76. Піктограми програмного забезпечення для завантаження AR контенту

Велика бібліотека освітнього контенту MERGE Cube дає можливість учителям використати його у процесі викладання різних предметів: історії, хімії, біології, наук про природу та ін. (рис. 77).



Рис. 77. Бібліотека освітнього контенту MERGE Cube

Учителі можуть використати куб під час вивчення тем про землю, океанічні тварини, космічні системи, будову та властивості речовини, енергію, хвилі, світло, звук та ін.

Використання MERGE Cube в освітньому процесі включає такі етапи:

- запуск програми на планшетах (мобільному телефоні);
- надання доступу до камери та фото;
- вибір або завантаження моделі;
- створення середовища для навчання (необхідно тримати куб однією рукою, а другою ☐ наводити пристрій на куб, або використовувати додаткову підставку).

AR-контент відповідає таким критеріям:

- віртуальні доповнення, відповідають змісту уроку або темі, що вивчається;
- звукові ефекти підкреслюють художній або інший зміст;
- відео фрагменти за змістом демонструють процеси, події або відео-інструкції;
- відтворення AR-об'єкта є простим, інтуїтивно зрозумілим;
- процес відтворення AR технічно стабільний;
- шрифт динамічним (збільшується або зменшується за потреби користувача);
- 3D-зображення чіткі;
- підтримується дві операційні системи та ін.

MERGE Cube можна використати для актуалізації опорних знань; проведення лабораторних і практичних робіт; під час самостійної або індивідуальної роботи; використати як опорний інтерактивний конспект базових понять і термінів; для перевірки знань.

Тести для перевірки знань можуть бути з вибором однієї правильної відповіді (текст або зображення) або з вибором декількох правильних відповідей.

Для забезпечення якості і досягнення мети навчання вчитель має розробити цифрові картки або інструкції до уроків, на яких планується використання MERGE Cube.

Інструкції. AR дозволяє створювати значну кількість цифрових інструкцій. Такі інструкції можуть включати в себе навчальні відеороліки, технічні креслення, схеми, вказівки до використання конкретних інструментів або покрокові інструкції щодо виконання пізнавального завдання. Використання цієї технології дає можливість візуалізувати 3D-моделі, створити навчальні матеріали з анімацією.

Цифрові картки. Для роботи з об'єктами AR у процесі досягнення мети навчання бажано створювати детальну картку заняття. Ця картка може бути використана як у процесі очного, так і дистанційного навчання. Ключовим складником такої картки є технологія виконання завдання з AR об'єктом та фіксування отриманих результатів.

План уроку може включати такі складники: повідомлення теми, актуалізація знань, усвідомлення / засвоєння знань, рефлексія, практична робота за технологією BYOD, оголошення домашнього завдання (табл. 13).

Технологія BYOD - це технологія яка дає можливість учасникам освітнього процесу активно використовувати власні смартфони, ноутбуки, планшети.

У процесі планування уроку бажано дізнатися про засоби, якими користуються учні. Це допоможе у формуванні груп та розробленні завдань для кожної групи, врахувати типи операційних систем гаджетів, що використовують

учні. До цієї роботи можна долучити учнів, які активно допоможуть зібрати первинні дані.

Таблиця 13.

Планування уроку з використанням AR-технологій

План	Час	Освітня діяльність
Повідомлення теми	5 хв.	Вчитель починає урок із обговорення теми і мотивує учнів до дискусії. Засоби: презентація, відео
Актуалізація знань	10 хв.	Вчитель чітко формулює мету уроку, пояснює тему. Засоби: презентація, відео, AR-об'єкти, документ-камера, мультимедійна дошка
Усвідомлення / Засвоєння знань	10 хв.	Вчитель пояснює теоретичний матеріал і термінологію, обговорює / розв'язує з учнями реальні приклади. Засоби: конспект, картки, завдання
Рефлексія	10 хв.	Вчитель запрошує до дискусії, перевіряє, чи зрозуміли учні матеріал та чи змінили свою думку, яку висловлювали на початку уроку. Засоби: тести, опитувальники
Практична робота, технологія BYOD	5 хв.	Практична робота в групі або самостійно з AR-додатком. Засоби: BYOD, AR-додаток, 3D-об'єкти
Домашнє завдання	2 хв.	Вчитель заохочує продовжити вивчати матеріал самостійно. Засоби: BYOD, AR-додаток, 3D-об'єкти допомогою AR-додатку

Одним з позитивних аспектів використання AR в освітньому процесі є комп'ютерне моделювання об'єктів і процесів живої і неживої природи.

Візуалізація цих об'єктів і процесів сприяє розвитку уяви учнів, а ефект WOW дає можливість закарбувати в пам'яті на тривалий час події, що відбувалися під час навчання [173]; [183].

Відкритий доступ до ресурсів MERGE Cube є ключовим фактором для розповсюдження технологій AR в освіті України.

Використання засобів і сервісів хмаро орієнтованих систем відкритої науки у процесі навчання і професійного розвитку вчителів потребує перегляду змісту освітніх програм закладів вищої освіти. Аспекти доповненої реальності, які успішно реалізовані за кордоном мають бути інтегровані в освітній процес закладів вищої освіти з метою підвищення рівня ІК-компетентності вчителів та

надання можливості опанувати новітні технології які невдовзі будуть інтегрованими в підручники, дистанційні курси та стануть засобами самоосвіти.

MERGE Cube – вдале технологічне рішення для закладів загальної середньої освіти. Їх проектування може бути реалізованим як для рівнів освіти: початкова школа, гімназії, ліцеї, так і у розрізі класів навчання 1–12 класи або предметів (фізика, хімія, біологія та ін.).

Проблемним залишається науково-методичне забезпечення освітнього процесу з використанням технологій AR. Нині це може бути індивідуальний досвід вчителя: використання конкретного рішення AR для свого предмету або дисципліни викладання. Проте для всієї системи освіти мають бути розроблені концептуальні підходи.

3.10. ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГУРТКА «СТВОРЕННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ» В ЗЗСО

Процес дистанційного навчання є досить гнучким, що дає можливість перерозподілу подачі матеріалу згідно рівнів навчальних досягнень учнів; інтерактивним, забезпечує активне спілкування педагога з дітьми у незвичному форматі, посилює мотивацію до навчання, поліпшує засвоєння матеріалу, комфортним з відсутністю психологічних бар'єрів. Проте, не виключено ускладнення технічного характеру. Під час дистанційної роботи гуртка можуть виникнути проблеми із безпосереднім контактом викладача та учасників, не дотримання термінів виконання завдань гуртківцями, не можливість приєднатися до заняття у зазначений час, тому першочерговим завданням керівника є пошук альтернативних засобів для комунікації з учнями, тобто створення навчального середовища для ефективного функціонування гуртка у дистанційному режимі. В середовищі має бути: доступ до тематичних електронних навчальних матеріалів; можливість надсилати матеріали учням та отримувати виконані завдання, комунікувати між собою; забезпечено зворотній зв'язок між вчителем та гуртківцями, а також можливість оцінювання. Для організації дистанційної роботи гуртка та забезпечення зворотного зв'язку було обрано хмарний сервіс Google Classroom (<https://classroom.google.com>) (рис. 78).

Середовище, у якому органічно поєднуються сервіси для роботи з документами Google Docs, GoogleDrive – сховище, що дозволяє користувачам зберігати свої дані на серверах у хмарі і ділитися ними з іншими користувачами в Інтернеті за допомогою Gmail (і не тільки).

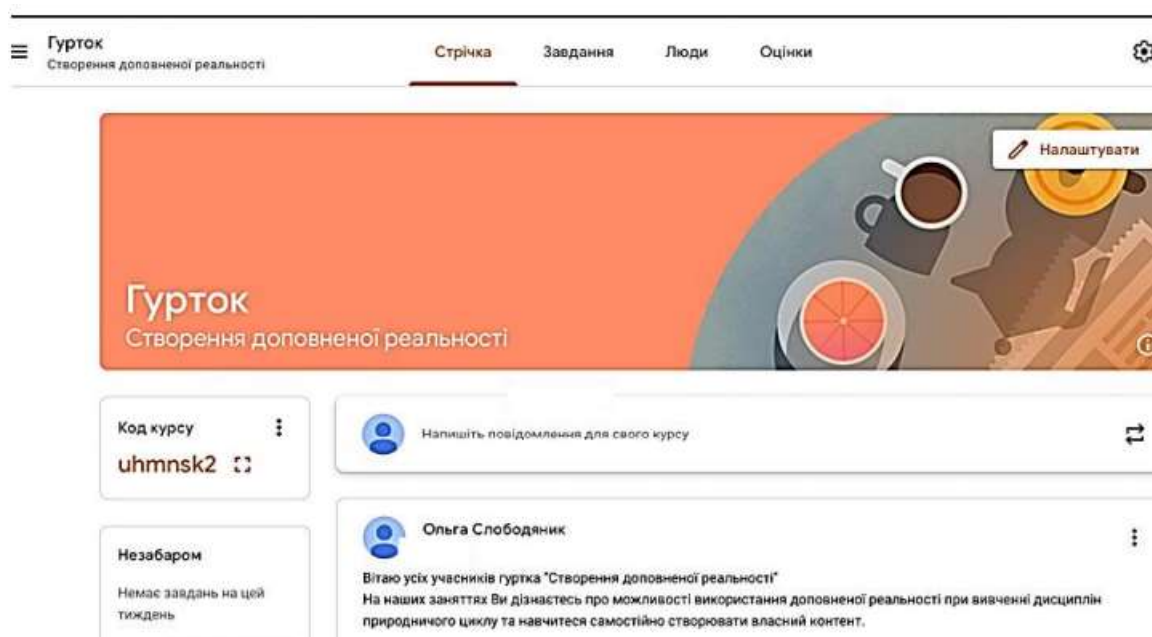


Рис. 78. Сторінка гуртка «Створення доповненої реальності» в сервісі Google Classroom

Керівник гуртка має змогу проводити тестування, контролювати, систематизувати, переглядати результати виконання вправ, застосовувати різні форми оцінювання, коментувати й організовувати ефективне спілкування з учнями в режимі реального часу. Ще одним важливим елементом, який вплинув на вибір саме цієї платформи є створення класів (груп). В групі є можливість публікувати завдання, завантажувати матеріали з просторів Інтернету, файли, відеоматеріали, додавати коментарі, створювати оголошення та взаємодіяти користувачам між собою. Вбудований сервіс для спілкування Hangouts дає можливість вести онлайн-бесіди в режимі реального часу з будь-якого пристрою, демонструвати власний екран та організовувати роботу в групах. Також на платформі за допомогою Google-форм можна проводити опитування та автоматичне оцінювання результатів тестування (Організація дистанційного навчання в школі). Онлайн заняття проводилися за допомогою сервісу Zoom.

На підготовчому етапі роботи гуртка ми пропонуємо акцентувати увагу учнів на теоретичних аспектах вивчення доповненої реальності. Зокрема, вводимо визначення понять імерсивних технологій (AR, VR, MR), визначаємо переваги і недоліки їх використання у різних сферах нашого життя, розглядаємо особливості роботи мобільних додатків для AR. Якщо перші заняття гуртка проводяться у дистанційному форматі, то після ознайомлення із загальними засадами курсу, можна запропонувати учням заповнити відповідну таблицю, де кожен самостійно має визначити для якої операційної системи створено відповідний додаток (Android, Windows, iOS), з'ясувати на яку аудиторію розрахований та у якій галузі рекомендовано використання. Це завдання

активізує пошукову діяльність учасників та дає можливість відпрацювання навичок роботи з інтернет-ресурсами. Потім на онлайн занятті слід обговорити з гуртківцями результати їх пошуків та визначити, з якими додатками вони хотіли б попрацювати в першу чергу. Будь-який проект із застосуванням чи створенням доповненої реальності містить два компоненти: контент, що бачить користувач у доповненій реальності, та платформа, що відтворює доповнену реальність. Варто зазначити, що доповнена реальність поділяється на маркерну та безмаркерну. Маркерна AR використовує камеру та спеціальний пасивний візуальний маркер, наприклад, QR-код або маркерне зображення, які показують запрограмований результат лише тоді, коли камера його зчитає. В результаті ми можемо бачити віртуальні об'єкти з реального світу. Слід зазначити, що це найпростіший вид AR, для його роботи достатньо встановити додаток на мобільний телефон і застосувати маркер. Прикладами таких технологій є 3D Artist, Bridges Ar, Arloon, Spacecraft 3d, Atom Visualizer, Landscapar, Blippar та ін.. Безмаркерна AR-це більш складна технологія, оскільки тут немає «якірного елемента» (маркера). Пристрій, на який встановлено відповідний додаток, має розпізнати всі об'єкти навколо, проаналізувати кольори, текстуру, почерговість поверхонь і т.д. При цьому задіюються дані, отримані за допомогою акселерометра, GPS, компаса (у сучасних гаджетах вони вбудовані), і лише після цього необхідне зображення накладається на визначений об'єкт. Наступний етап – ознайомлення з принципами роботи доповненої реальності. На сьогодні технології AR стрімко розвиваються, тому принцип роботи сучасних засобів базуються на вбудованих датчиках (акселерометр, GPS, компас), якість відтворюваних об'єктів залежить від камери та фотододатків, відповідний ресурс внутрішньої пам'яті для обробки даних та штучний інтелект, що дає можливість давати команди голосовими повідомленнями. Третій етап – практична частина, яка включає самостійну розробку об'єктів доповненої реальності в різних середовищах, зокрема в Unity 3D, Blender та ін., та роботу з пакетами інструментів (RealityKit, SceneForm, AR-Core, AR-Kit, Vuforia та ін.).

Назва додатку	ОС, на якій працює додаток
Вартість	Аудиторія
Галузь застосування	Arloopa & Live Portrait
Custom App	WebAR (ARCORE, ARKIT)
Unity Ar Mirror	AR in Fb& Instagram
VFX Wikitude	SDKHP
Reveal	Blippar

Розглянемо детальніше роботу в Unity. Це багатоплатформовий інструмент для розробки відеоігорі застосунків, і рушій, на якому вони працюють. Створені за допомогою Unity програми працюють на настільних комп'ютерних системах, мобільних пристроях та гральних консолях у дво- та тривимірній графіці, та на пристроях віртуальної чи доповненої реальності. Застосунки, створені за допомогою Unity, підтримують DirectX та

OpenGL. Unity – це кросплатформовий ігровий рушій (<https://evergreens.com.ua/ua/articles/web-ar-tools-overview.html>).

Програма-редактор Unity працює на Windows, macOS і Linux, а сам рушій може запускатися на 25 платформах. Інтерфейс Unity зручний тим, що дає можливість розміщувати вікна так, як зручно користувачеві, тобто налаштовувати гру прямо в редакторі. Головні вікна – це оглядач ресурсів проєкту, інспектор поточного об'єкта, вікно попереднього перегляду, оглядач сцени та оглядач ієрархії ресурсів. Процедура створення проєкту в Unity поділяється на сцени або так звані рівні, тобто окремі файли, які містять ігрові консолі з певним набором об'єктів, сценаріїв і налаштувань. Сцени можуть містити в собі як готові об'єкти-моделі (ландшафт, персонажі, предмети довкілля тощо), так і порожні ігрові об'єкти, що задають поведінку інших об'єктів (тригери подій, точки збереження прогресу тощо). З ними можна виконувати дії: розташовувати, обертати, масштабувати, застосовувати до них скрипти. В них є назва, може бути тег (мітка) і шар, на якому він повинен відображатися. Кожен предмет на сцені має компоненти: Transform, він зберігає в собі координати місця розташування, повороту і розмірів по всіх трьох осях. 2. Mesh Renderer, робить модель видимою. Різні моделі можуть об'єднуватися в набори (асети) для швидкого доступу до них ([https://uk.wikipedia.org/wiki/Unity_\(рушій_гри\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Unity_(рушій_гри))).

Вивчаючи дане середовище в дистанційному форматі, слід акцентувати увагу на покрокових діях або робити запис відео заняття для того щоб учасники гуртка могли переглянути і спробувати самостійно створити об'єкт. В першу чергу потрібно навчитися створювати скрипти та працювати з ними, розібратися з командами, які працюють в Unity та навчитися самостійно запускати сцени з об'єктами (рис. 79). Керівнику варто зробити запис цього заняття, щоб учні могли самостійно переглянути декілька разів та спробувати прописати скрипти. Лише після відпрацювання цих навичок можна переходити до створення складніших об'єктів.

При розгляді найпопулярніших комплектів засобів розробки (SDK), що дозволяють створювати додатки для певного пакету програм, програмного забезпечення базових засобів розробки, апаратної платформи, комп'ютерної системи, ігрових консолей, операційних систем і інших платформ слід виділити ARCore або ж Сервіси Google Play для AR. Це SDK від Google, що дає можливість створювати програми AR для пристроїв з ОС Android.

ARCore використовує три ключові технології для інтеграції віртуального контенту з реальним світом, що спостерігається через камеру вашого телефону. Цей комплект засобів чудово детектить навколишнє середовище та має інструменти для відстеження руху.

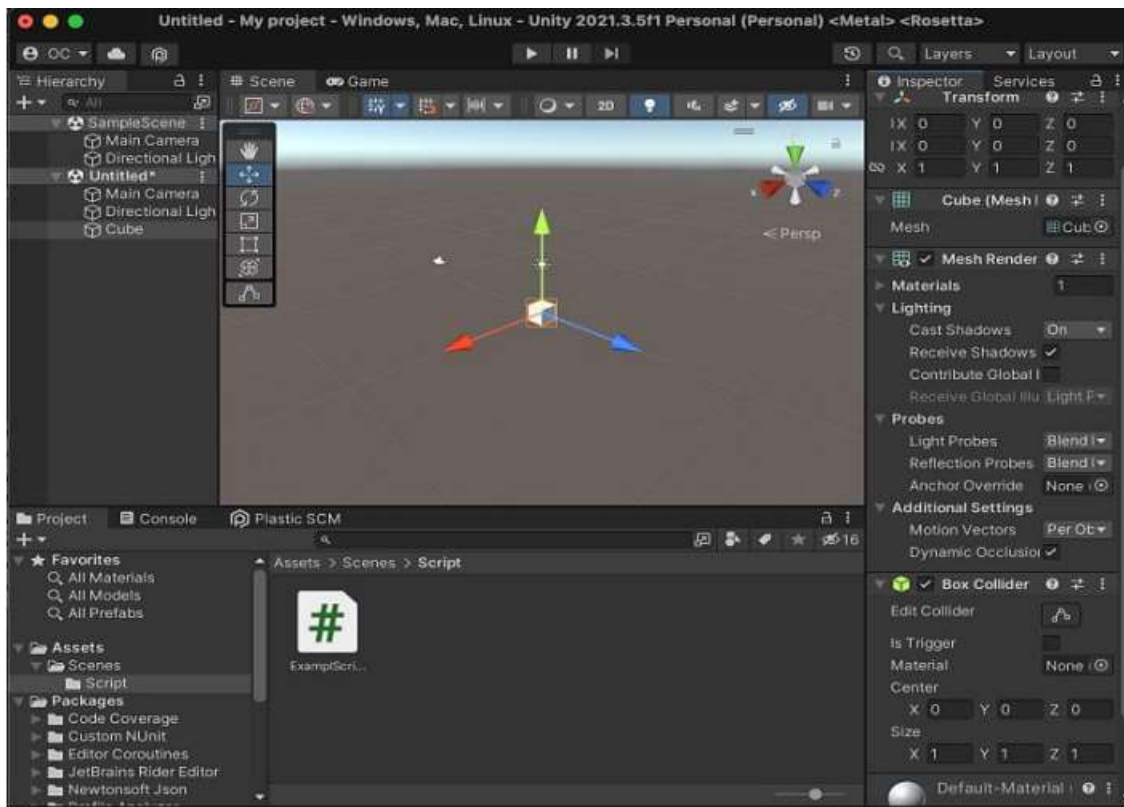


Рис. 79. Робота зі скриптами в середовищі Unity

Ця платформа використовує різні API, дозволяє мобільним пристроям «розуміти» і орієнтуватися у навколишньому середовищі та вступати в взаємодію. Є можливість підключатися одночасно до однієї AR із декількох телефонів, що важливо для групової форми роботи. ARCore використовує камеру пристрою і свідчення інерційних датчиків для відстеження руху і перегляду об'єктів під будь-яким кутом, визначення розміру і розташування всіх типів поверхонь: горизонтальних, вертикальних, похилих, плоских (наприклад, стіл або підлогу), оцінки рівня освітлення. ARCore працює на телефонах на базі Android 7.0i вище. Він сумісний з Unity, Unreal і може використовуватися для iOS для створення багатокористувацької доповненої реальності (<https://evergreens.com.ua/ua/articles/web-ar-tools-overview.html>). Під час дистанційного навчання важливо забезпечити демонстрацію роботи з додатками в прямому етері або ж демонструвати попередньо записане відео з коментарями, щоб за першої необхідності можна було зупинити відеоконтент та дати роз'яснення або відповіді на питання, якщо такі виникли.

Отже, до особливостей організації роботи гуртка відносимо етапи його роботи. На підготовчому етапі ми акцентуємо увагу учнів на теоретичних аспектах доповненої реальності: вводимо визначення поняття «імерсивна технологія», характеризуємо AR, VR, MR; визначаємо переваги і недоліки їх використання у різних сферах нашого життя; розглядаємо особливості роботи

мобільних додатків для AR. Наступний етап –ознайомлення з принципами роботи засобів доповненої реальності (технології AR стрімко розвиваються і залежать від вбудованих датчиків (акселерометр, GPS, компас), а якість відтворюваних об'єктів залежить від камери та фотододатків, ресурсу внутрішньої пам'яті для обробки даних та штучного інтелекту через голосові команди. Третій етап –практична частина, яка включає самостійну розробку об'єктів доповненої реальності в різних середовищах, зокрема, в Unity 3D, Blender та ін., та роботу з пакетами інструментів (RealityKit, SceneForm, AR-Core, AR-Kit, Vuforia та ін.). Для ефективної роботи гуртка в дистанційному форматі має бути створене навчальне середовище та передбачено: можливість проведення онлайн-уроків (синхронно або асинхронно); доступ до тематичних електронних навчальних матеріалів; можливість надсилати матеріали учням та отримувати виконані завдання; зворотний зв'язок та оцінювання. Навчальним середовищем може виступати Google Classroom. Заняття гуртка зосереджені на особливостях роботи в середовищах Unity та AR Core.

3.11. УПРОВАДЖЕННЯ КУРСУ З РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ВІРТУАЛЬНОЇ ТА ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ В УМОВАХ ДОСЛІДНИЦЬКОГО НАВЧАННЯ УЧНІВ

Актуальною і привабливою є парадигма використання технологій AR/VR для підтримки процесу навчання, безпосередньо для підвищення якості навчання на всіх рівнях освітнього процесу. Але не усвідомлюються можливі ризики в результаті застосування різноманітних форм і інструментів дослідницького навчання із використанням ІТ, зокрема ризики розповсюдження та застосування AR/VR технологій у повсякденному житті та неоднозначний вплив на здоров'я учнів у процесі навчання із педагогічно виваженим використанням програмних засобів віртуальної та доповненої реальності.

Проблемою сьогодення є також неготовність дітей, батьків, педагогів до педагогічно виваженого використання програмних засобів віртуальної та доповненої реальності. Безперечно, необхідна чітка класифікація ІТ, визначення термінологічного апарату і ґрунтовний аналіз можливих ризиків для здоров'я дітей, що виникають в результаті використання AR/VR технологій. Усім учасникам навчально-виховного процесу доцільно керуватися в своїй роботі відомим принципом медицини «Primum non nocere».

Повсюдному використанню AR/VR технологій повинні передувати ґрунтовні дослідження щодо можливих наслідків такого використання, в тому числі для здоров'я підростаючого покоління, та пропедевтична підготовка

відповідних стратегій та методологій досліджень. Вчені будують модель явища з метою розуміння сутностей, властивостей досліджуваного явища за умови неможливості проведення спостереження через об'єктивні причини [57]. Безперечно, в процесі пізнання і практичного дослідження навколишнього світу велика роль відводиться методу математичного моделювання [56].

Актуальність дослідження [55] визначається потребою у розробленні нового напрямку прикладних досліджень, а саме, використання методичних систем навчання учнів у школі, управлінській діяльності та поширенні методики дослідницького навчання у системі освіти з педагогічно виваженим використанням AR/VR технологій [160], [157], [158].

Віртуальна реальність імітує як впливи, так і відповідні реакції на впливи. Відповідний комп'ютерний синтез властивостей і реакцій віртуальної реальності проводиться у режимі реального часу [54]. З використанням різноманітних технологій AR/VR створюються різні *рівні завантаження та відчуття присутності в імітованому середовищі* [160]. Об'єкти віртуальної реальності зазвичай імітують поведінку аналогічних об'єктів матеріальної/об'єктивної реальності. Користувач може впливати на ці об'єкти з урахуванням фізичних законів.

Системами віртуальної реальності називаються пристрої, які більш повно, в порівнянні зі звичайними комп'ютерними системами, імітують взаємодію з віртуальним середовищем шляхом впливу на усі п'ять наявних у людини органи чуття. Таких систем у повному обсязі дотепер не існує, але при створенні віртуальної реальності намагаємося у процесі дослідження намагалися забезпечити наявність нижче вказаних особливостей: правдоподібність, інтерактивність, доступність для навчання, наявність ефекту присутності. Із використанням технології доповненої реальності відбувається накладання на середовище навколо нас певної частини віртуальних даних (графіки, звуків, анімації) [158].

У навчальній програмі курсу «Розроблення VR/AR застосунків» (на базовому та поглибленому рівнях) (див. рис. 80-82) для учнів 9-11 класів передбачається використання комп'ютерів і спеціальних інтерфейсних блоків, що дозволяє учням проявляти творчий підхід щодо вирішення поставленого дослідницького завдання; створювати моделі реальних об'єктів і процесів; аналізувати практико орієнтовний результат своєї роботи [160].



Рис. 80. Компоненти №№ 1-5 навчальної програми «Розроблення VR/AR застосунків» (базовий рівень)



Рис. 81. Компоненти №№ 6-10 навчальної програми «Розроблення VR/AR застосунків» (базовий рівень)



Рис. 82. Компоненти №№ 1-5 навчальної програми «Розроблення VR/AR застосунків» (поглиблений рівень)

Зміст навчальних модулів/компонентів спрямований на ґрунтовне вивчення алгоритмізації, використання міжпредметних зв'язків у процесі навчання, організацію інженерної діяльності учнів. На підставі аналізу результатів роботи [158] можна зробити висновок, що міжпредметні зв'язки в контексті дослідницького навчання є об'єктними або теоретичними (за змістовою ознакою) та перспективними (за часовою ознакою).

Наявність міжпредметних зв'язків саме таких видів дає підстави стверджувати, що факультативний курс «Розроблення VR/AR застосунків» є теоретичною основою для опанування учнями предметів інформатичної освітньої галузі, а тому її зміст побудований на засадах міжпредметної інтеграції з метою підвищення ефективності формування також технологічних компетентностей. Виокремлена у кожному розділі міжпредметна основа навчального матеріалу факультативного курсу має важливе орієнтаційне і методологічне значення [157]. По-перше, вона є орієнтаційною основою освітньої діяльності щодо результатів системного оволодіння змістом кожного розділу курсу. По-друге, міжпредметна основа курсу слугує методологічним орієнтиром побудови змістового компоненту методичної системи дослідницького навчання предметів природничо-математичного циклу.

Конструювання на засадах міжпредметної інтеграції та принципів професійної спрямованості і профілювання змісту факультативного курсу сприяє розв'язанню важливого педагогічного завдання – підвищення рівня сформованості технологічних компетентностей та особистісного розвитку учнів.

Знання, уміння та практичні навички розв'язування актуальних завдань, отримані на заняттях із розроблення VR/AR застосунків, готують учнів до самостійної інженерної діяльності із застосуванням сучасних технологій. Також навчальна програма актуальна тим, що не має аналогів на ринку загальноосвітніх послуг та є унікальним освітнім продуктом [157].

Прогностичність програми «Розроблення VR/AR застосунків» полягає в тому, що вона відображає вимоги та актуальні тенденції не лише сьогодення, а й завтрашнього дня, а також має міждисциплінарний характер, що повністю відображає сучасні тенденції побудови варіативної складової освітнього процесу в цілому. Сформовані учнями компетентності сприяють формуванню та розвитку базових теоретичних знань і практичних навичок із метою здійснення ефективного навчання, втілення ідей у життя та розроблення дослідницьких проектів [157].

Під час практичних занять за програмою *базового модуля* учні ознайомлюються із технологіями віртуальної і доповненої реальності, особливостями та можливостями використання VR/AR, досліджують можливі способи застосування в проектах, обираючи напрямки для здійснення дослідницького навчання.

Завдання модуля: 1). Занурити учасників у проектну діяльність з метою формування навичок створення проєкту. 2). У процесі дослідницького навчання формувати критичне мислення, креативне мислення, комунікацію, колективну співпрацю/кооперацію. 3). Ознайомити учнів із поняттям віртуальної реальності, визначити значущі для справжнього занурення чинники, формувати висновки щодо їхньої схожості та відмінностей, можливостей використання різноманітних застосунків VR. 4). Навчити конструювати власні моделі пристроїв, у т.ч. використовуючи технології 3D сканування та друку. 5). Експериментальним шляхом визначити поняття доповненої реальності, усеможливі відмінності від віртуальної реальності. 6). Виокремити поняття оптичного трекінгу. 7). Сформувати основні навички роботи з використанням застосунків доповненої реальності. 8). Навчити створювати застосунки AR декількох рівнів складності під різні пристрої.

Під час навчання в рамках базового модуля формуються необхідні знання, вміння і навички для подальшої роботи з використанням технологій VR/AR. Основними напрямками у вивченні технологій віртуальної та доповненої реальності, з якими ознайомлюються учні в рамках модуля, передбачаються початкові знання про розроблення застосунків для різних пристроїв, основи комп'ютерного зору, базові поняття 3D моделювання. Через знайомство з технологіями щодо створення застосунків віртуальної і доповненої реальності розвиваються дослідницькі, інженерні та проектні компетентності учнів.

Опанування VR/AR технологій передбачає отримання необхідних компетентностей, формування і розвиток яких критично необхідне будь-якому фахівцеві на конкурентному ринку праці в STEAM-професіях.

Методи навчання у контексті здійсненої порівняльної характеристики можливостей їх використання шляхом застосування VR/AR відображено в таблиці 14. Особлива увага звертається також на використання кейс-методу та датаскаутинг. Серед форм роботи виокремлюється лабораторний практикум, заняття-змагання, робоча майстерня, консультація і виставкова презентація результатів роботи.

Таблиця 14.

Порівняльна характеристика можливостей використання методів дослідницького навчання шляхом застосування VR/AR

Методи дослідницького навчання	Завдання дослідницького навчання				
	Формування		Розвиток		
	знань	вмінь	мислення	самостійності	мови
Словесні	+	—	+	+	+
Наочні	+	+	—	—	—
Практичні	—	+	—	+	—
Репродуктивні	+	+	—	—	+
Проблемно-пошукові	+	+	+	+	+
Індуктивні	+	+	+	+	+
Дедуктивні	+	—	+	+	+
Самостійна робота	+	+	+	+	+
Пізнавальні ігри	+	+	+	+	+
Навчальні дискусії	+	—	+	+	+
Усний контроль	+	—	+	+	+
Письмовий контроль	+	—	+	+	+
Лабораторний контроль	—	+	—	+	—

Умовні позначення:

«+» – з використанням запропонованого методу розв'язується задача успішніше у порівнянні з іншими методами даної групи;

«—» – з використанням запропонованого методу розв'язується задача менш успішніше у порівнянні з іншими методами даної групи.

Види навчальної діяльності: розв'язування дослідницьких завдань; перегляд та обговорення навчальних фільмів, презентацій; пояснення та інтерпретація

спостережуваних явищ; аналіз проблемних навчальних ситуацій; побудова гіпотези на основі аналізу наявних даних; проведення дослідницького експерименту; пошук необхідних відомостей в навчальній та довідковій літературі; виконання завдань у рамках лабораторних практикумів; підготовка виступів і доповідей щодо результатів виконання дослідницького проекту; публічний виступ.

Вимоги до результатів опанування навчальної програми.

Професійні компетентності: уміння активувати запуск додатків віртуальної реальності, встановлювати їх на пристрій, налаштовувати і тестувати; навички калібрування міжзіничної відстані (PD); проектування і розроблення власного VR застосунку; знання і розуміння принципів роботи 3D сканера, володіння базовими навичками під'єднання, налаштування і роботи з 3D сканером, уміння за допомогою пакетів для здійснення 3D моделювання усунути помилки, що виникли в результаті процесу сканування, і підготувати файл до друку на 3D принтері; знання і розуміння основних понять: доповнена реальність (у т.ч. її відмінності від віртуальної), оптичний трекінг, маркерна і безмаркерна технології, реперні точки; знання користувацького інтерфейсу профільного ПЗ, базових об'єктів інструментарію; навички створення AR застосунків, знання основ 3D моделювання; уміння активувати запуск застосунків доповненої реальності з використанням AR-окулярів, встановлювати їх на пристрій і тестувати.

Особистісні/міжособистісні компетентності: робота в команді: робота в загальному ритмі, ефективний розподіл завдань тощо; розвиток пізнавальних здібностей учнів; розвиток дослідницьких компетентностей; уміння орієнтуватися в інформаційному просторі, продуктивно використовувати технічну літературу для пошуку складних рішень; навички ведення проекту, вибір найефективніших розв'язань завдань із урахуванням конкретних умов існування; розвиток критичного мислення, прояв технічного мислення, пізнавальної діяльності, творчої ініціативи, самостійності; здатність творчо розв'язувати технічні та дослідницькі задачі; готовність і здатність застосування теоретичних знань з фізики, інформатики для розв'язання задач у реальному світі; здатність правильно організовувати робоче місце з урахуванням конкретного часу для досягнення поставлених цілей.

Результати дослідницької роботи учнів/артефакти: два сконструйовані VR-пристрої, один – з використанням технологій 3D-сканування та друку; три розроблені AR застосунки, один – розроблений у команді.

Методичні рекомендації для вчителів.

У рамках базового модуля пропонується не просто ознайомити дітей з інноваційними технологіями віртуальної і доповненої реальності, а навчити їх

генерувати ідеї щодо застосування VR/AR у розв'язанні конкретних завдань. Рекомендується на початковому етапі запропонувати конкретні приклади реалізованих застосунків AR/VR (див. Таблиці 2-3). Дуже важливо запитати, які приклади учні можуть навести. Проблематику впровадження VR/AR вони можуть знати не менше за дорослих.

Рекомендується розглядати з учнями проєкту «інженерної» тематики - учні часто «занурюються» у розмови про близькі їм ігрові платформи. Важливо дати школярам зрозуміти, що віртуальна реальність – це не атракціони в розважальних центрах, а доповнена реальність – не тільки дивні ігрові герої. Потрібно розповісти учням і про цікаве використання технологій VR/AR в музеях, театрах (приклади наведено нижче). Посилайтеся на актуальні новини. Обговорюючи давні проєкти – аналізуйте, порівнюйте, обговорюйте конкретні засоби.

Питання для обговорення: Чому кілька років тому це було реалізовано саме таким чином? Чи справді існували технологічні обмеження? Яким чином можна було б реалізувати застосунок сьогодні? Який алгоритм доцільніше використати в процесі програмної реалізації дослідницької задачі?

Час, необхідний для навчання в рамках кожного модуля, суворо не регламентований. Очевидно, що одній групі захочеться конструювати, а комусь із учнів припаде до душі моделювання. Можливі варіанти скорочення/збільшення тривалості вивчення модуля.

Пропонований напрям – міждисциплінарний, а навчальний процес здійснюється із урахуванням уподобань учнів. Наприклад, якщо школярі захоплюються цитологією або робототехнікою, їм корисно мати базові компетентності щодо розроблення застосунків VR/AR. Учні з камер коптерів можуть передавати сигнали на окуляри доповненої реальності, відповідно – політ ракети можна, працюючи в команді, змоделювати у віртуальній реальності.

Планування занять в рамках дослідницького навчання. Режим занять: 2 рази по 2 години на тиждень. Тривалість 1 заняття: 2 академічні години. Структура двогодинного заняття: 45 хвилин – навчальне заняття; 15 хвилин – перерва (відпочинок); 45 хвилин – навчальне заняття.

Навчальна програма розрахована на 18 тижнів навчання, загальна кількість академічних годин – 72. Виконання завдань у рамках лабораторних практикумів здійснюється індивідуально, в парах, а також передбачається групова робота. Заняття проводяться у вигляді бесід, семінарів, лекцій, лабораторних практикумів: з метою унаочнення навчального матеріалу використовуються презентації, відеоролики, розроблені VR/AR застосунки. Нижче пропонується зміст окремих навчальних модулів факультативного курсу «Розроблення VR/AR застосунків».

Модуль №1. Тема: «Знайомство з основними поняттями та застосунками віртуальної реальності». Кількість годин/занять: 10/5.

Вимоги до результатів опанування навчальної програми модуля №1

Професійні компетентності: 1). Уміння активувати запуск додатків віртуальної реальності, встановлювати їх на пристрій і тестувати. 2). Навички калібрування міжзіничної відстані. 3). Розроблення власного VR застосунку.

Особистісні/міжособистісні компетентності: 1). Уміння знаходити, аналізувати та використовувати релевантні відомості та матеріали. 2). Уміння формулювати проблему та гіпотези, здійснювати постановку задачі (ініціативна співпраця у контексті пошуку та накопичення відомостей, самостійне добирання методів вирішення проблем творчого та пошукового характеру).

Модуль №2. Тема: «Виготовлення гарнітури віртуальної реальності з використанням методів 3D сканування та 3D друку». Кількість годин/занять: 10/5.

Вимоги до результатів опанування навчальної програми модуля №2

Професійні компетентності: 1). Знання і розуміння принципів роботи 3D сканера, володіння базовими навичками підключення, налаштування і роботи з 3D сканером, уміння за допомогою пакетів для 3D моделювання, вміння усунути помилки, що виникли в результаті процесу сканування і підготувати файл до друку на 3D принтері.

Особистісні/міжособистісні компетентності: 1). Уміння знаходити, аналізувати та правильно використовувати навчальні матеріали та отримані відомості, уміння визначати цільову аудиторію для розроблюваного пристрою, уміння визначати першочергові завдання, уміння ефективно використовувати наявні ресурси.

Модуль №3. Тема: «Технологія доповненої реальності. Розроблення технічного завдання». Кількість годин/занять: 10/5.

Вимоги до результатів опанування навчальної програми модуля №3.

Професійні компетентності: 1). Знання і розуміння основних понять: доповнена реальність (у т.ч. її відмінності від віртуальної), оптичний трекінг, маркерна і безмаркерна технології, реперні точки. 2). Знання інтерфейсу профільного ПЗ, базових об'єктів у процесі проектування застосунків. 3). Навички створення AR застосунків, знання основ 3D моделювання.

Особистісні/міжособистісні компетентності: 1). Пошук та аналіз релевантних відомостей, навички self-менеджменту - самостійне планування та реалізація проєкту: постановка мети, розроблення технічного завдання, створення та добір навчального матеріалу для дослідження, презентація та захист готового проєкту, навичка публічних виступів та навичка переконання.

Модуль №4. Тема: «Окуляри доповненої реальності: конструкція та особливості створення застосунків для роботи з окулярами». Кількість годин/занять: 10/5.

Вимоги до результатів опанування навчальної програми модуля №4.

Професійні компетентності: 1). Уміння активувати запуск додатків доповненої реальності на AR Glasses, встановлювати їх на пристрій і тестувати. 2). Уміння здійснювати проектування і розроблення власних AR додатків.

Особистісні/міжособистісні компетентності: 1). Пошук і аналіз релевантних відомостей, навички self-менеджменту – самостійне планування і реалізації проєкту: постановка мети, розробка технічного завдання, створення і добір навчального матеріалу, презентація і захист готового проєкту, навички публічних виступів і навички переконання.

Модуль №5. Тема: «Створення AR квесту». Кількість годин/занять: 10/5.

Вимоги до результатів опанування навчальної програми модуля №5.

Професійні компетентності: 1). Знання і розуміння основних понять: доповнена реальність, оптичний трекінг, маркерна і безмаркерна технології, реперні точки; вміння працювати з профільним ПЗ. 2). Навички створення і тестування AR застосунків щодо створення 3D моделей. 3). Створення міток доповненої реальності.

Особистісні/міжособистісні компетентності: 1). Пошук і аналіз релевантних відомостей. 2). Навички self-менеджменту - самостійне планування та реалізація проєкту: постановка мети, розроблення технічного завдання, створення та добір навчального матеріалу, презентація та захист створеного проєкту, навички публічних виступів і навички переконання. 3). Робота в команді: робота в загальному ритмі, ефективний розподіл дослідницьких завдань.

Модуль №6. Тема: «Створення власного мобільного застосунку з доповненою реальністю. Розроблення технічного завдання». Кількість годин/занять: 10/5.

Вимоги до результатів опанування навчальної програми модуля №6

Професійні компетентності: 1). Відпрацювання навичок роботи з профільним ПЗ. 2). Навички створення і тестування AR застосунків. 3). Створення 3D моделей, створення міток доповненої реальності.

Особистісні/міжособистісні компетентності: 1). Пошук і аналіз релевантних відомостей. 2). Навички self-менеджменту, самостійне планування та реалізація проєкту: постановка мети, розроблення технічного завдання, створення та підбір контенту, презентація та захист готового проєкту, навички публічних виступів і навички переконання. 3). Робота в команді: робота в загальному ритмі, ефективний розподіл дослідницьких завдань.

У рамках першого модуля (10 год.) учні досліджують наявні моделі пристроїв віртуальної реальності, виявляють ключові параметри, а потім виконують невеличке проектне завдання – конструюють VR пристрій за запропонованими вчителем заготовками.

Учні збирають власну модель, вирізуючи/роздруковуючи на 3D принтері потрібні елементи. Можливий варіант – зібрати модель за шаблоном з Інтернету або розробити та здійснити тестування самостійно розробленого застосунку. Після чого учні досліджують VR контролери та узагальнюють можливі принципи управління системами віртуальної реальності. Вони порівнюють різні типи управління та формулюють висновки про те, що необхідно для здійснення «обману» мозку людини та можливостей занурення в інший віртуальний світ.

У другому модулі (10 год.) діти отримують можливість закріпити знання про VR-пристрої та розв'язати таке дослідницьке завдання: 1). Виготовити шолом віртуальної реальності методами 3D сканування та 3D друку. 2). Необхідно запланувати роботу та навчитися користуватися 3D сканером, виправляти помилки сканування, здійснити підготовку деталі до друку та роздрукувати її на 3D принтері, встановивши необхідні режими друкування.

Після формування основних понять віртуальної реальності та отримання навичок роботи з VR обладнанням у третьому модулі (10 год.) учні переходять до ознайомлення та аналізу використання понять доповненої реальності, знаходячи основні відмінності від віртуальної. Створюють власний AR застосунок за аналогією з прикладом, запропонованим учителем, відпрацьовуючи навички роботи з необхідним надалі програмним забезпеченням.

Учні вчаться використовувати під час навчання матеріали, взяті з репозитаріїв безкоштовних тривимірних моделей¹², можуть мінімально адаптувати моделі, наявні у вільному доступі, з урахуванням своїх потреб. Починається знайомство зі структурою інтерфейсу програми для 3D моделювання та основними командами в процесі проектування застосунку (на розсуд педагога використовується 3Ds Max, Blender 3D, Maya). Вводяться поняття «полігональність» і «текстура».

У рамках роботи в четвертому модулі (10 год.) відпрацьовуються навички роботи з ПЗ і створюється авторський проект для AR окулярів. Учені вивчають конструкцію застосунку, здійснюють тестування розроблених застосунків, виявляючи оптичні, графічні особливості кожного з них, наявність тих чи інших датчиків та їхній вплив на роботу системи. У кожного школяра з'являється власний застосунок, що працює як із використанням смартфонів і планшетів, так

¹² 1). <https://www.turbosquid.com>; 2). <https://free3d.com>; 3). <https://www.archive3d.net>

із застосуванням окулярів. Учні формулюють висновки про продуктивність розроблених пристроїв із урахуванням здійсненої порівняльної характеристики засобів AR. Приходить розуміння їхньої важливості з урахуванням кількості полігонів і текстур для використання в авторських застосунках. Дитина вчиться адаптувати додатки під пристрої з різною продуктивністю.

У п'ятому модулі (10 год.) передбачається можливість реалізації дослідницьких завдань щодо створення захопливого квесту під час роботи в команді. Закріплюється вміння працювати з ПЗ зі створення AR проектів, триває робота щодо розроблення застосунків із використанням методології тривимірного моделювання. Проект розробляється під будь-який пристрій з урахуванням уподобань учасників проектних команд.

У процесі навчання в рамках шостого модуля (10 год.) учні відпрацьовують навички щодо створення і тестування AR застосунків за реальним запитом: прописують технічне завдання і розробляють авторський застосунок із урахуванням специфіки різноманітних галузей. Обов'язковою вимогою є підготовка презентації готового продукту і оперативне внесення правок у створений проект, якщо такі виникають у результаті верифікації і тестування AR застосунків.

Обов'язкове обладнання: 1). Графічні станції з попередньо налаштованою операційною системою. 2). Монітори. 3). Вебкамера USB. 4). Клавіатура USB. 5). Миша USB. 6). Шолом VR (з базовими станціями і контролерами в комплекті). 7). Шолом VR типу II. 8). Контролер для шолома. 9). Гарнітура VR. 10). Камера 360 типу I. 11). Камера 360 типу II. 12). Окуляри доповненої реальності. 13). Смартфон на платформі Android. 14). Проектор і екран/плазма.

Програмне забезпечення: 1). Засоби доповненої реальності/ безкоштовний ігровий рушій. 2). Засоби віртуальної реальності.

Додаткове обладнання: 1). Навушники. 2). Графічний планшет формат A4, кут нахилу пера 60 градусів. 3). Моноблок на OS X/Mac Mini. 4). Планшет на платформі iOS.

Принципами розроблених теорій рекомендується послуговуватися як орієнтирами для уточнення та перевірки методичної системи дослідницького навчання учнів з елементами VR/AR особливо в контексті навчання предметів природничо-математичного циклу з арсеналом засобів (див. табл. 15) для опрацювання дидактичних матеріалів, представлених в дискретній, ілюстративно-вербалізованих та континуальній формах (табл. 16) [158].

Таблиця 15.

Класифікація інструментів VR/AR (фреймворки)

АППЗ	Призначення/характеристика/специфікації
Unity https://unity.com/	Найпопулярніший фреймворк, що використовується з метою створення високоякісних 2D-і 3D-ігор для безлічі платформ: смартфонів, комп'ютерів, консолей, ТБ, VR/AR і Інтернету.
Unreal Engine 4 https://www.unrealengine.com/	Повноцінний інструментарій для створення ігор, симуляцій і візуалізацій в реальному часі.
CryEngine https://www.cryengine.com/	Ігровий движок, що підтримує Oculus Rift, Linux, HTC Vive, Windows PC, OSVR, PSVR, Xbox One і PlayStation 4. Дотепер ведеться робота з інтеграції підтримки мобільних платформ. Модель монетизації CryEngine ґрунтується на роялті.
Amazon Sumerian https://aws.amazon.com/	З'являється можливість швидко і зручно створювати VR/AR і 3D-додатки; сумісний з Oculus Rift, Oculus Go, HTC Vive, Google Daydream, Lenovo Mirage, а також мобільними пристроями на Android і iOS. Створити обліковий запис можна безплатно, далі плата стягується на основі обсягу збережених 3D-ресурсів і генерованого сценами трафіку.
A-Frame https://aframe.io/	Сенсорний веб фреймворк для створення VR під HTC Vive, Oculus Rift, десктопні і мобільні платформи; вільно поширюваний, не вимагає додаткових налаштувань і сумісний з HTML.
React 360 https://reactresources.com/topics/react-360/	Ефективний засіб для створення інтерактивних панорамних і VR-додатків; створення проектів з використанням ПК, мобільних пристроїв та гарнітури віртуальної реальності.
Primrose https://www.primrosevr.com/	Використовується для розроблення VR в браузері, за допомогою якого можна

АППЗ	Призначення/характеристика/специфікації
	створювати 3D-чати, середовища для програмування у режимі віддаленого доступу, ігри, музичні синтезатори тощо.
Simbol https://simbol.io/	Використовується для створення соціальних VR проектів з використанням 3D контенту. Можна створювати об'єкти з «віртуальними особистостями», які можуть «взаємодіяти з віртуальним світом».
Vizor https://site.vizor.io/	Використовується для створення VR контенту на будь якому пристрої з виходом в Інтернет. Переважно використовується для VR проектування.
Godot Engine https://godotengine.org/	Безкоштовний ігровий движок з відкритим кодом; простий і зручний у використанні, тому використовується розробниками без досвіду роботи в створенні VR ігор.
Apertus VR https://apertusvr.org/	Безкоштовний движок для створення віртуальної, доповненої та змішаної реальності, з використанням якого з'являється можливість інтеграції технологій.
Beloola https://beloola.com/	Платформа для створення віртуального середовища, з використанням якої можна в режимі віддаленого доступу зустрічатися і спілкуватися з людьми.
Simmetri https://supersymmetry.nl/	Креативна платформа для художників, дизайнерів, викладачів і студентів, з використанням якої створюються VR проекти, анімації, ігри, інтерактивні твори мистецтва, фізичні експерименти тощо.
Kokowa http://kokowa.co/	Вільно поширювана платформа-конструктор для користувачів, з використанням якої спрощується створення і поширення web VR контенту.
VRCHIVE http://vrchive.com/	Використовується для створення панорами VR з можливістю поширювати створені проекти на різних пристроях.

АППЗ	Призначення/характеристика/специфікації
Scene VR https://scene.knightlab.com/	Ефективний засіб проектування, з використанням якого можна перетворювати панорамні фото в VR-сцени.
Exokit https://hackmd.io/@exokit/exokit-web-v2	Вільно поширюваний веб движок на JavaScript для розроблення VR проєктів під десктопні, мобільні платформи та шоломи, AR проєктів для мобільних платформ і шоломів, Unity тощо.
Google Daydream https://arvr.google.com/daydream/	Платформа для створення високоякісних мобільних VR– проєктів; включає SDK для Android, iOS, Unity, Unreal, Android NDK і мережі Інтернет.
LÖVR https://lovr.org/	Вільно поширюваний фреймворк для створення VR скриптовою мовою Lua. Проєкт, створений з використанням LÖVR можна запускати на Oculus Rift і HTC Rift, а також експортувати в Web VR.
Blender https://www.blender.org/	Пакет для створення 3D-моделей, симуляції, анімацій, риггінгу, рендерингу, компонування, захоплення руху, створення ігор, редагування відео.
Maya http://www.autodesk.com/products/maya/	Програма для роботи з анімацією, моушн-графікою, середовищами, віртуальною реальністю і створенням персонажів/агентів.
3ds Max https://www.autodesk.com/products/3ds-max/	Програма 3D-моделювання та рендерингу, що допомагає створювати віртуальні середовища в іграх.
Google Blocks https://vr.google.com/objects/	Пакет інструментів Blocks, з використанням яких можна створювати моделі в VR різного рівня складності.
Mixamo https://www.mixamo.com/	Програма для створення анімованих тривимірних героїв без будь-якого досвіду роботи над створенням дослідницьких проєктів.
Pixologic ZBrush https://pixologic.com/zclassroom/	Програмний засіб для розроблення цифрових скульптур у режимі реального часу.

АППЗ	Призначення/характеристика/специфікації
MODO Indie https://store.steampowered.com/app/401090/MODO_indie/	Пакет засобів для створення об'ємних моделей, анімацій і скульптур.
Speedtree https://store.speedtree.com/	Програмний засіб для візуалізації рослин в 3D для UE4.
Wings3d https://www.wings3d.com/	Редактор з широким вибором інструментів моделювання і кастомізованим інтерфейсом.
FreeCAD https://www.freecad.org/	3D-редактор для розробки об'єктів різноманітного масштабу.
Anim8or https://www.anim8or.com/	Програма для здійснення 3D-моделювання та анімації героїв.
DeleD 3DeditorCE https://www.advanceduninstaller.com/	DeleD поєднує 3D-редактор і редактор рівнів; призначений для створення статичних сцен в іграх.
A-Painter https://aframe.io/a-painter/	Програмний засіб використовується для створення зображень 3D з використанням ручних контролерів.
Recap360 https://www.autodesk.com/products/recap/	Програма використовується для перетворення фотографій у тривимірні моделі.
3D-моделі https://free3d.com/	Платформи для створення віртуального середовища (!)
Sketchfab https://sketchfab.com/	Платформа для пошуку та розміщення 3D-моделей.
TurboSquid https://www.turbosquid.com/	Бібліотека 3D-моделей для ігрових розробників, архітекторів, студій візуальних ефектів тощо.
Скетчинг і прототипування	
Gravity Sketch https://www.gravitysketch.com/	Інтуїтивний інструмент для роботи зі змішаною реальністю, який дозволяє створювати 3D-моделі й концептуальні ескізи.
Oculus Medium https://www.oculus.com/medium/	Програмний засіб для здійснення проектування, моделювання і створення предметів у VR.

АППЗ	Призначення/характеристика/специфікації
Unbound https://unboundxr.eu/	Програмний засіб для створення користувачами тривимірних об'єктів (зображення).

Основні переваги використання AR/VR технологій у процесі дослідницького навчання учнів: 1). Ефективність пояснення навчального матеріалу завдяки обмеженому використанню інформаційного шуму через занурення, досвід і емоції; 2). Можливість створення міждисциплінарних дослідницьких проєктів через ефективне залучення фахівців з різних галузей знань; 3). Розширення креативних можливостей для створення дослідницьких проєктів завдяки технологічності VR/AR.

Таблиця 16.

Аналіз застосунків щодо створення контенту з використанням AR/VR

АППЗ	Призначення/характеристика/специфікації
ARCore https://developers.google.com/ar	Програмне забезпечення, розроблене компанією Google, з використанням якого створюються застосунки AR/VR. ARCore використовується три технології для інтеграції віртуального контенту з реальним світом, який видимий через камеру мобільного телефону. Можливе відстеження руху; визначення розміру і місця розташування типів поверхонь (вертикальних, горизонтальних і кутових); здійснення оцінювання умов освітлення навколишнього простору.
ARKit https://www.apple.com/ua/augmented-reality/	засобами ARKit створюються створювати застосунки AR із забезпеченням здатності розпізнавати габарити навколишнього простору і враховувати умови освітлення, щоб максимально точно інтегрувати віртуальні об'єкти в реальне життя. Важливою перевагою є сумісність з більшістю iOS-пристроїв.
Imagine AR https://imaginear.com/	SaaS-платформа використовується для створення проєктів доповненої реальності на ПК, у тому числі з урахуванням геолокаційних даних і візуальних маркерів. Для перегляду проєктів потрібно завантажити мобільний застосунок Imagineer (OC iOS і Android).

АППЗ	Призначення/характеристика/специфікації
Infinity AR www.infinityar.com	Засоби використовуються для створення 3D-сцен AR, які доповнюються віртуальними елементами. Вирізняється високою деталізацією об'єктів, що включає освітлення, прозорість, тіні тощо.
ARTool Kit https://www.artoolkitx.org/	Бібліотека ARToolKit використовується з метою створення дизайнерських рішень і розробку додатків AR/VR. Затребуваною є версія ARToolKit X.
Unreal Engine https://www.unrealengine.com/	Платформа використовується для створення ігор будь-якого жанру, в тому числі шутерів від першої особи, стелс ігор, файтингів і масових багатокористувацьких рольових онлайн ігор. платформа поєднує графічний движок, фізичний движок, штучний інтелект, управління файловими та мережевими системами. Завдяки використанню C++ розширено можливості щодо розроблення ігор для більшості операційних систем і платформ, а також на різних портативних пристроях iOS тощо.
8th Wall https://www.8thwall.com/	Хмарна платформа використовується для створення і зберігання веб проєктів доповненої реальності. Окрім звичайного виробництва і публікації WebAR, пропонуються шаблони, можливість спільної роботи користувачів; не вимагається завантаження застосунків. Вирізняється можливостями підтримки SLAM і маркерів, текстових редакторів, підтримка React, Vue.js, A-Frame, Babylon.js і Three.JS, наявністю сполучення клавіш і темного режиму для комфортної роботи зі сценаріями; наявність розподіленої системи контролю версій для роботи віддалених фахівців, різні стадії розгортання з урахуванням безпеки.
Unity https://unity.com/	Платформа використовується для розроблення у режимі реального часу дво- і тривимірних об'єктів, різноманітних ігор, на базі ОС Windows, OS X. Передбачається можливість створення застосунків, що працюють з різними операційними системами. налагодження гри можна здійснювати

АППЗ	Призначення/характеристика/специфікації
	безпосередньо в редакторі. Перевагами використання платформи є наявність візуального середовища розроблення, міжплатформової підтримки та модульної системи компонентів. З використанням Unity створено численні ігри, застосунки та симуляції різноманітних жанрів.
HP Reveal VirtuARealities https://sites.google.com/view/virtuarealities/ar-resources/hp-reveal	Платформа ефективно використовується для створення освітніх проєктів доповненої реальності; вирізняється зручним і люб'язним інтерфейсом.
Vuforia https://developer.vuforia.com/	Платформа використовується з метою створення застосунків в AR-форматі для смартфонів і планшетів на операційних системах iOS, Android. Передбачена можливість в режимі реального часу відстежувати зображення і об'ємні об'єкти, розпізнає циліндричні маркери та текст.
Catchoom http://ww7.catchoom.com/	Використовуються різноманітні варіанти в контексті розроблення контенту доповненої реальності: редактор Crafter Content Creator, AR SDK для мобільних додатків і хмарний сервіс для розпізнавання зображень Cloud Image Recognition.
Kudan https://www.kudan.io/	Застосунки Kudan AR SDK використовуються з метою розроблення програмного забезпечення доповненої реальності Software Development Kit, забезпечуючи створення AR-додатків для iOS і Android, сумісних з Unity, в тому числі з чітким розпізнаванням об'єктів 2D/3D.

Безперечно, актуальною проблемою є формування у школярів базових навичок програмування, у тому числі в контексті VR/AR технологій. Спостерігається недостатня кількість фахівців-розробників проєктів з використанням VR/AR. В процесі виконання завдань програми у школярів не тільки формується уявлення про базові поняття віртуальної реальності, але й навички роботи з профільним програмним забезпеченням (VR/AR, графічними 3D-редакторами), формують/удосконалюють базові навички програмування. У процесі дослідницького навчання учні працюють над індивідуальними

проектами, виважено використовуючи обладнання VR/AR з урахуванням структури моделі АППЗ (див. табл. 17) [57].

Таблиця 17.

Структура моделі АППЗ щодо впровадження VR/AR

АППЗ	Призначення/характеристика/специфікації
Віртуальна реальність	характерне візуальне наповнення і звуковий супровід з метою створення ефекту присутності в нереальній (!) локації, користуючись з імітації зображення та спрямування звукових хвиль. За наявності трекінгу для положення тіла у віртуальному просторі враховується також рухи голови й тіла людини. З метою створення стереоскопічного ефекту використовуються спеціальні окуляри, що використовуються для розподілу картинки перед очима навпіл.
Смартфон із VR/AR	використовується шляхом вставки в футляр з лінзами/ картонний Google Cardboard.
Oculus Rift https://www.oculus.com/rift-s/	Трекінгові камери чітко фіксують положення джойстика та інтуїтивне розташування користувача, «реалістично» здійснюючи занурення у віртуальну дійсність з використанням шоломів і якісних контролерів. Графіка на них передається від ігрового комп'ютера з потужною відеокартою. Зв'язок з персональним комп'ютером створює обмеження щодо використання, однак шоломи мають супер'якісну графіку і розширений користувацький інструментарій [12].
Мобільні шоломи VR	використовуються також вбудовані монітори HTC Vive, Oculus Go і т.д., що вирізняються якісною графікою і оптимізованим якісним звуковим супроводом.
Трекінгові системи	використовуються для переміщення користувача у віртуальний простір. Здійснюється активне моделювання і розроблення костюмів, які «передають відчуття» з віртуальної реальності.

АППЗ	Призначення/характеристика/специфікації
Рукавички-контролери	Teslasuit Glove, CaptoGlove, Senso Glove DK2, Manus VR, Wrist straps Perception Neuron, Noitom Hi5 використовуються з метою забезпечення «природної взаємодії» користувача з віртуальним світом, замінюючи джойстик/мишу.

Нижче наводиться приклад дослідницького заняття за темою: «Стереометрія. Об'єм має значення: створення застосунку доповненої реальності з використанням власної 3D моделі».

Тривалість: від 1 до 2 годин. Цільова аудиторія: школярі 13 -16 років.

Мета та завдання: познайомити дитину з поняттями доповненої реальності; визначити її основні відмінності від віртуальної; сформувати основні навички роботи з технологією доповненої реальності (застосунок обирається вчителем із урахуванням дидактичної необхідності). Вимоги до вхідних навичок учасників відсутні.

Матеріали для бесіди: дедалі більше людей мають бажання не тільки подивитися на об'єкти, що «оживають», а й дізнатися, який вигляд доповнена реальність має зсередини. Зрозуміти, як можна застосувати цю красиву й ефектну технологію собі на користь. Навчитися створювати «віртуальні дива» в доповненій реальності власними руками. На дослідницькому занятті учні дізнаються принципи роботи технології доповненої реальності, розглянуть цікаві проекти та оцінять перспективи використання технології. А головне – створять авторську 3D модель і переглянуть її в доповненій реальності.

План проведення заняття:

1. Вступна «інтерактивна» лекція, аналіз прикладів застосунків доповненої реальності, верифікація і тестування застосунків.

2. Навчання базового функціоналу обраного ПЗ «step by step» – учасники крок за кроком повторюють за вчителем, створюють нескладну 3D модель (будівля, деталь, рослина тощо).

3. Завантаження учителем авторських моделей учасників дослідницького заняття в інструмент Unity3D/EVToolbox/інший на розсуд педагога, перегляд створених проектів у доповненій реальності

4. Рефлексія. Валеологічна хвилинка. Підсумки та презентація учнями створених авторських проектів.

Необхідне обладнання та витратні матеріали: 1). Комп'ютер учителя з камерою+проектор/плазма, комп'ютери для учасників, попередньо встановлене. 2). ПЗ на вибір учителя: 3DS Max, Maya, Blender, SketchUp, принтер для друку міток/роздруковані зображення.

Передбачувані результати учнів:

Знання, уміння і навички: знання і розуміння основних понять: доповнена реальність (у т.ч. її відмінності від віртуальної), оптичний трекінг, маркерна і безмаркерна технології, реперні точки; знання користувацького інтерфейсу ПЗ для створення 3D моделей, навички створення тривимірних моделей.

Результати дослідницької роботи учнів/артефакти: 3D модель і власний AR застосунок, що працює на певному плоскому об'єкті (фотографія, ілюстрація в книзі, футболка, магніт тощо)

Із застосуванням компонентів методичної системи дослідницького навчання VR/AR забезпечується варіативність і неперервність варіативних програм і змісту освіти із врахуванням здібностей учнів (див. рис. 83) з використанням принципів «навчання через гру», «навчання–відкриття», «навчання–дослідження», «занурення в процес пізнання», «конструювання майбутнього», «конструкторське бюро», «дослідницький центр» [160].

Із використанням комплексного підходу (педагогічна імерсія) з'являється можливість доповнити компоненти методичної системи дослідницького навчання AR/VR. Віртуальні технології використовуються для того, щоб в незвичних форматах учні можуть пережити складні емоції (наприклад, почуття сорому). Безперечно, глядач (учень, учасник події) відчуватиме емпатію, слідкуватиме за сюжетом, переживаючи чужий досвід, однак забезпечується стійкий зворотний зв'язок з учнем.



Рис. 83. Особливості педагогічного проектування VR/AR

Із педагогічно виваженим використанням технологій AR/VR з'являється можливість створення ґрунтовної, продуманої методичної системи (див. рис. 84)

із забезпеченням коректного музичного/звукового супроводу для візуального/аудіального занурення учня у «потрібну атмосферну ситуацію» в контексті набуття необхідних знань.



Рис. 84. Засоби педагогічного проєктування

Набуття досвіду роботи з доповненою реальністю розпочалося із використання застосунку Aurasma¹³. Мобільний застосунок здійснює накладання тривимірних об'єктів і відео поверх високого контрастного зображення. Зображення тригера схоже на штрих-код, який «повідомляє» мобільному пристрою, що саме додати до зображення. Ілюзія, яку часто спостерігають через мобільний пристрій, «прив'язана до зображення», тому камера повинна тримати в полі зору.

Зображення повинно мати достатній колірний контраст, щоб його можна було легко ідентифікувати (освітлення відіграє важливу роль в ідентифікації тригерного зображення). Важливо вміти правильно обрати потрібний застосунок, дизайн компонентів VR/AR з метою ефективного дослідницького навчання учнів [160], [158].

Доповнена реальність створюється шляхом поєднання реальних об'єктів і окремих віртуальних елементів, відповідні доповнення можна створювати безпосередньо з використанням смартфона, на якому одразу всі створені об'єкти проглядаються через девайс користувача.

Рекомендується початківцям використовувати застосунок HP Reveal, перевагами якого є: безоплатність; люб'язний і зрозумілий інтерфейс для швидкого та зручного створення і перегляду контенту; можливість «накладання» усіх об'єктів, без обмеженості наявними у базі сервісу.

¹³ <http://www.aurasma.com/>

Правило-орієнтир для створення об'єктів доповненої реальності з використанням мобільного застосунку HP Reveal:

- Завантажити застосунок HP Reveal¹⁴.
- Створити обліковий запис шляхом активізації вікна натисненням «Create an account».
- Вводимо електронну пошту (або пропускаємо крок, натиснувши «Next».
- Вводимо ім'я користувача. Зверніть увагу: введене ім'я використовуватиметься як ім'я вашого каналу.
- Придумайте пароль та натисніть «Create account».
- Обліковий запис створено. Ви можете створювати та переглядати об'єкти доповненої реальності, які в програмі називаються аурами (Auras). В процесі використання застосунку ми ніби переглядаємо ауру об'єкта, яка не переглядається звичайним зором.
- Завантажте мультимедійні об'єкти на мобільний пристрій з метою створення «нового шару реальності». Новим шаром може стати відео, картинка, фото або 3d модель. Можна одразу завантажити необхідні файли на телефон, після чого необхідно «прикріпити» їх в реальності.
- Розмістити доповнення в проєктованій реальності.

Процес створення компонентів/аур з використанням мобільного застосунку складається з нижче наведених кроків:

- На головному екрані застосунку у верхній частині екрана натискаємо кнопку «плюсик» і фотографуємо об'єкт, на який накладаємо доповнення.
- Обираємо об'єкт для створення мультимедійного шару. Зверніть увагу: можна завантажити файли з Вашого пристрою. Для цього необхідно обрати пам'ять пристрою «Device» та завантажити файли «Upload».
- Здійснити коригування розміру та положення віртуального об'єкта. На даному етапі він повинен зображуватися відповідно до сценарію Вашого проєкту.
- Запишіть ім'я об'єкта, збережіть його та зробіть ауру публічною.

Рекомендується з використанням застосунку HP Reveal створювати необхідну віртуальну реальність для проведення ігор і квестів (див. приклад, наведений вище в рамках факультативного курсу), здійснювати дослідницьке навчання учнів, при цьому «оживляючи» підручник, наповнюючи його власними ілюстраціями у віртуальному просторі. Нова технологія доповненої реальності усуває тригерне зображення та розміщує об'єкти у віртуальному просторі за допомогою відстеження поверхні [57].

Віртуальна реальність конструює новий штучний світ, тобто йдеться про 3D комп'ютерне середовище, з використанням якого можна здійснювати

¹⁴ <https://sites.google.com/view/virtuarealities/home?authuser=0>

«симуляцію реального світу», наближену до реального, а доповнена реальність лише вносить окремі штучні компоненти у сприйняття реального світу. Віртуальне середовище можна проектувати з використанням персонального комп'ютера, мобільного застосунку або дисплею HMD, який може бути представлений гарнітурою або окулярами. Можливості варіативно змінюються від пасивного спостереження за віртуальним світом до таких, де користувач забезпечується обмеженою навігацією та взаємодією, до віртуального середовища, де користувач здійснює маніпуляції (переміщення), взаємодіючи, в результаті чого набувається індивідуальний досвід [54], [158].

У рамках дослідження враховувалися когнітивні, лінгвістичні, фізичні (перцептивні, рухові), емоційні (афективні), соціальні та моральні особливості учнів в контексті розвитку перед використанням AR/VR в освітньому процесі, оскільки недбале використання AR/VR може призвести до виникнення шкідливої реакції у дітей, які не в змозі когнітивно регулювати такий набутий досвід [156].

У результаті здійснення навчального процесу виявлено численні проблеми: конфіденційність; невміння/нездатність учнів концентрувати увагу; дорожня обладнання; побоювання щодо підміни ролі і місця «нового гаджета» в контексті педагогічного дизайну навчально-виховного процесу; відсутність педагогічно виваженого і методично вмотивованого використання програмного забезпечення AR/VR [60].

В процесі занурення у віртуальний світ людина відривається від реальності та аутизується. Через непередбачене використання застосунків VR/AR моделюється девіантна, деструктивна поведінка учнів. Перед тим, як школярі навчаться формулювати хоча б одне речення, вона повинна оволодіти більш ніж сотнею м'язів, які беруть участь в мовному процесі. Синхронність рухів учня, яка розмовляє, пов'язана зі стимуляцією не лише активності м'язів і дрібної моторики кінцівок, але й активністю кори головного мозку та правильним ростом і розвитком скелету школяра [158].

Здійснення дослідницького навчання учнів із виваженим використанням технологій AR/VR можливе за допомогою нижче наведених способів [160]:

- Перший досвід із врахуванням соціально-конструктивістської концепції навчання шляхом емпіричного відкриття.
- Природна семантика в контексті пропедевтики вивчення символів і абстракцій (наприклад, здійснення маніпуляцій кутами, сторонами многокутників перед вивченням важливості дослідження кутів в математиці).
- Уточнення навчального матеріалу в процесі перетворення абстрактних ідей у сформовані наукові положення/теорії (наприклад, «подорож із вірусом» в процесі мутації та поширення в популяції тощо).

– Розмір і масштабованість з метою зміни розмірів об'єктів/середовища з метою забезпечення взаємодії з мікро/макросвітом (наприклад, маніпуляції з атомами).

– Трансдукція (наприклад, моделювання шляхів міграції китів, морських свинок, вивчення яких дозволяє учням досліджувати шляхи різноманітних видів тощо); зміна перспективи в контексті використання AR/VR як «механізму/машини співчуття, співпереживання» для ламання стереотипів.

Важливість завдання полягає у необхідності оновлення методів і педагогічних технологій, виваженому використанні VR/AR підходу щодо дослідницького навчання учнів, який не може бути реалізований тільки зусиллями педагогічної спільноти. На підставі аналізу результатів дослідження можна зробити висновок про суттєве підвищення рівня мотивації учнів у процесі дослідницького навчання. У навчально-виховному процесі учнів необхідно враховувати наслідки використання VR/AR технологій для забезпечення конфіденційності учнів. У процесі формування та розвитку логічного мислення дітей доцільно «відхиляти» їх фантазії в процесі роботи з конкретними фактами. Нижче пропонуються рекомендації для ефективної роботи з учнями в процесі дослідницького навчання з використанням застосунків AR/VR:

– Роль педагога повинна вибудовуватися як роль модератора, помічника-консультанта і критика (за потреби), який в разі потреби може конкретним прикладом спрямувати дітей та допомогти школярам будувати «логічні ланцюжки» в процесі мислення.

– Використання командної роботи сприятиме вирішенню проблеми різного рівня інтелектуального розвитку, ерудованості і комунікабельності школярів. В критичні моменти навчання доцільно формулювати контр приклади та критичні запитання із врахуванням психофізіологічних особливостей кожного учня. Лабораторний журнал використовується в процесі реалізації проектних завдань в довільному порядку. Окремі пункти журналу можна рекомендувати учням для самостійного опрацювання [160].

Необхідно врахування питання етики, безпеки використання і захисту здоров'я дітей в процесі проєктування AR/VR у вигляді матеріально-технічного та науково методичного забезпечення, в якому знаходяться логічно і логістично пов'язані об'єкти і сервіси. Формування компонентів методичної системи дослідницького навчання спрямовано на поліпшення якості освіти в умовах розвитку інформаційного суспільства та конкурентоспроможної економіки. Досягати цієї мети можна за умови оволодіння педагогами методами та відповідними методами та прийомами навчання, мистецтвом педагогічної рефлексії на високому рівні, підготовки учнів до використання технологій AR/VR у вирішенні життєвих практичних завдань, забезпечення доступу до якісної освіти через впровадження дослідницького навчання [159].

Конфіденційність учнів потрібно враховувати не лише під час ведення записів, але й для убезпечення даних задля уникнення накопичення біометричних даних виробниками обладнання і програмного забезпечення віртуальної реальності. Біометричні дані – це автоматизоване розпізнавання на накопичення даних про біологічні та поведінкові характеристики людей, що можуть піддаватися модифікації (наприклад, розпізнавання обличчя, відстежування руху очей, рухи верхніх і нижніх кінцівок тощо). Інтеграція біометрії в AR/VR технології створюватиме проблеми щодо питань згоди й конфіденційного зберігання даних людини.

Наприклад, технологія віртуальної реальності ефективно розвивається у Китаї з урахуванням продуманої державної підтримки. Реалізація завдання розвитку технології віртуальної реальності Стратегії «Зроблено в Китаї 2025» здійснюється через долучення Міністерством освіти Китаю відповідних заходів до переліку завдань (проектів) Національної програми інформатизації. У масштабах всієї країни вимагається подальше впровадження технологій VR/AR і штучного інтелекту в освітній процес закладів освіти різних рівнів [58].

З метою надання учням нового досвіду та освітніх практик учителі в Китаї використовують евристичну модель освіти в контексті реалізації масштабної реформи державних закладів загальної середньої освіти. Безперечно, виникають проблеми через низьку якість навчального контенту, дорожнечу обладнання VR/AR, що використовується для виконання дослідницьких проектів, і відсутністю виваженого системного підходу в контексті використання VR/AR технологій, які не завжди виявляються ефективними та результативними [157].

На підставі аналізу платформ щодо створення освітнього контенту AR/VR виокремлено особливості застосування технологій VR/AR (див. табл. 18): із використанням логіко-лінгвістичного моделювання суттєво розширилось використання технологій VR/AR за рахунок неформалізованих раніше галузей знань і сфер діяльності (медицина, біологія, геологія, управління гнучким роботизованим виробництвом і т.д.); із використанням спеціальних формалізмів (логіко-лінгвістичних моделей) декларативних і процедурних знань, представлених в електронній формі, розв'язування задач здійснюється ефективніше [160]; розглядається можливість, із врахуванням математичних рівнянь, моделей AR/VR, здійснення обчислення та прогнозування поведінки досліджуваної системи за різноманітних умов існування.

Таблиця 18.

Аналіз платформ щодо створення освітнього контенту AR/VR

АППЗ	Призначення/характеристика/специфікації
VRschool https://fotonvr.com/	Розроблено програмне забезпечення навчального призначення і контент, адаптований до можливостей використання VR-технологій. Розроблено тренажери, віртуальні лабораторії для проведення експериментів з фізики, хімії та біології, VR-музей, анімовані квести тощо. Учні можуть розробляти VR-контент, а забезпечення можливості здійснення учителем контролю/управління процесом навчання і поведінки учнів можливе завдяки наявності системи управління класом. Передбачено можливість розміщення учнями проектних робіт з графічним кодуванням на Steam, а також проведення тренінгів для вчителів.
Fly VR https://www.eurocontrol.int/fly-ai	Апробовано використання дослідницьких проєктів в процесі навчання учнів, організовуючи в школах VR-класи різних типів; перевага віддається шоломам Pico; розроблено AI-лабораторію, яка синхронізується зі шкільним підручником; Light Immersive VR Suit, де в рамках одного VR-класу були інтегровані імерсивні технології; Fantasy Land Full Immersive VR орієнтований на систему K-12.
Growlib https://growlib.com/	Китайський варіант Class VR з ґрунтовно розробленими навчальними курсами з кількох предметів шкільної програми, які об'єднані в рамках однієї платформи, в процесі використання якої вчитель може управляти матеріалами та аналізувати успішність учнів. Передбачається можливість підвищення кваліфікації вчителів. У бібліотеці містяться 3D моделі (наприклад, органи, молекули, техніка)
Mengke VR https://www.vrjiaocai.com/aboutus.html	Використовується для проведення занять з іноземної мови для початкової, середньої і старшої школи. Пропонується лінгафонна аудиторія з перегородками/кабінками, при цьому кожен учень працює з використанням шолома віртуальної реальності, підключеним до 5G. Учителі проводять уроки в різноманітних 3D-локаціях, об'єднаних однією платформою, куди інтегровані сервіси щодо розпізнавання мови та програма для виправлення помилок. Дані можуть бути завантажені в додатковий

АППЗ	Призначення/характеристика/специфікації
	застосунок, пов'язаний з WeChat. Учителі створюють контент із урахуванням педагогічних цілей навчально-виховного процесу.
HEIVR https://www.heivr.com/	Пропонується апробована методична система навчання учнів із використанням VR/AR, що супроводжується виваженим використанням обладнання для VR-класів (мобільне, стаціонарне) із бездротовими точками доступу. Освітня діяльність з використанням VR/AR не залежить від мережі закладу освіти. Учитель може використовувати пропоновані з бібліотеки плани навчальних занять і створювати освітній контент з використанням VR/AR. Здійснено апробацію обладнання HAIER на базі експериментальних закладів освіти, відповідно, наявні методичні рекомендації щодо використання із врахуванням проблеми запаморочення, короткозорості та впливу дисплеїв шоломів на зір учнів.

Вміння використовувати теоретичні знань, отримані учнями в процесі дослідницького навчання математики, фізики, інформатики, психології, історії, географії, медицини, біології сприяє ґрунтовному розумінню створених учнями авторських проєктів, закріпленню отриманих дослідницьких навичок. Виконання практичної роботи з найсучаснішим обладнанням VR/AR сприяє формуванню і розвитку технологічних, дослідницьких компетентностей учні, які навчаються самостійно відслідковувати тенденції виникнення і розвитку ІКТ, телекомунікацій і технологій віртуальної і доповненої реальності [54].

3.12. РОЗРОБЛЕННЯ ЦИФРОВОГО КОНТЕНТУ ВЧИТЕЛЕМ

Практична реалізація запропонованих теоретико-методичних підходів використання методичної системи для задоволення професійних потреб вчителя включає розроблення цифрового контенту. Ми пропонуємо методику створення практичної роботи з елементами AR в середовищі Blippbuilder (застосунок в Microsoft Teams) (рис. 86). Для цього необхідно створити новий проєкт, обравши *маркерну* доповнену реальність (рис. 87).

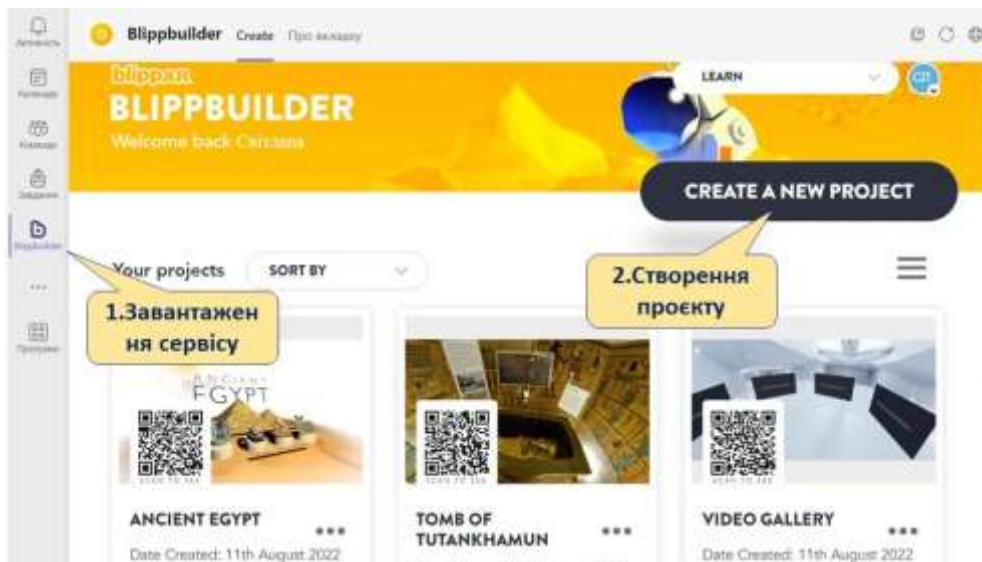


Рис. 86. Домашня сторінка середовища Blippbuilder

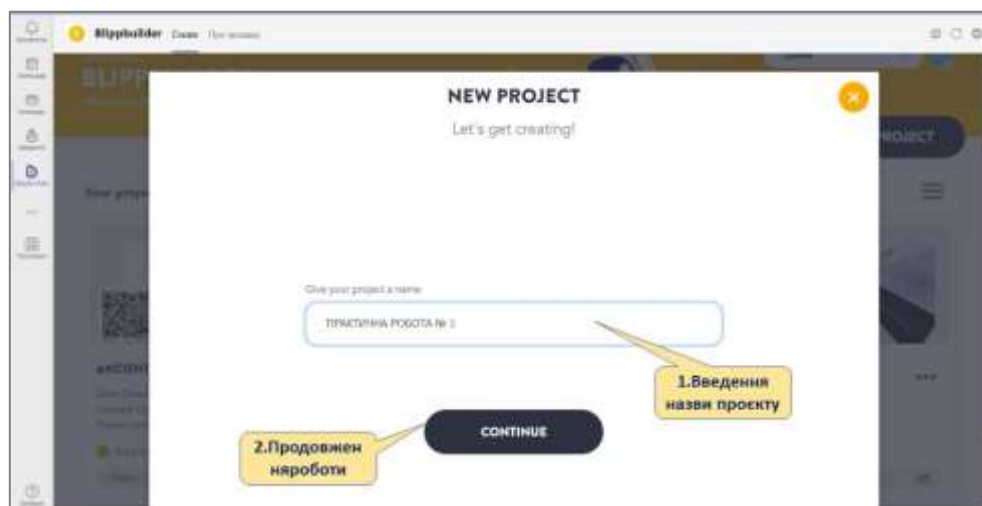


Рис. 87. Введення назви нового проекту AR – назви практичної роботи

Потім завантажити одне з підготовлених зображень для створення маркерної AR. Для цього необхідно обрати режим завантаження з комп'ютера, дібрати зображення на диску, що відповідатиме темі практичної роботи та відкрити його (рис. 88). Зазначимо, що зображення має бути якісним, чітким, кольорова гамма має відповідати реальним об'єктам. Якщо ви плануєте обрати зображення обладнання, то воно має бути максимально наближене до реального.

Перед розміщенням зображення-маркера в середовищі Blippbuilder, його система автоматично перевіряє на відповідність вимогам, а саме: це мають бути формати jpg, png, gif. Якщо зображення відтворюється в червоній рамці – його необхідно замінити. Воно або не відповідає розмірам: занадто мале, або занадто велике, або не відповідає визначеним форматам. Для завершення завантаження достатньо продовжити перехід до іншого кроку (рис. 89).

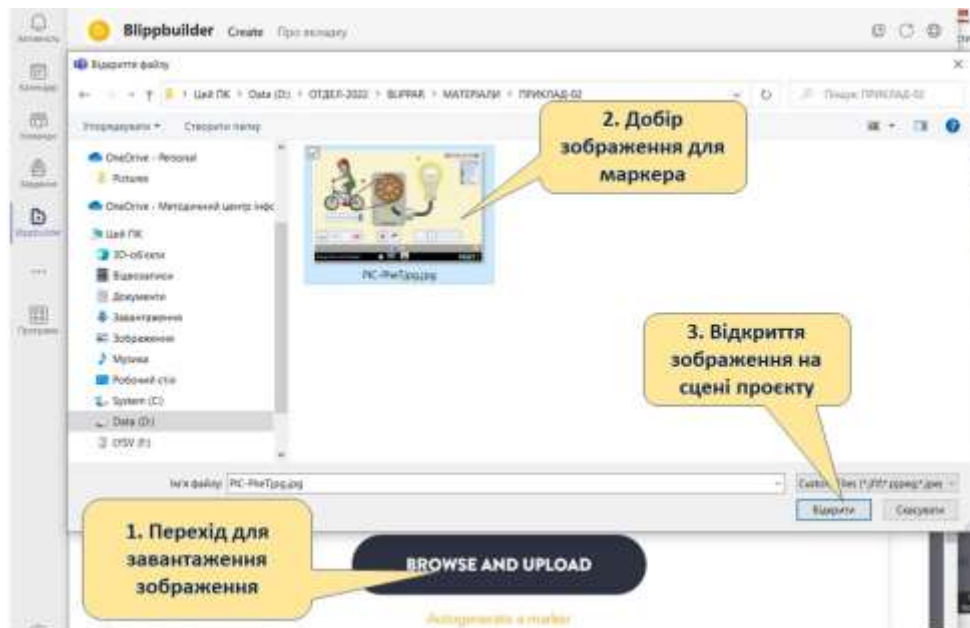


Рис. 88. Добір маркера-зображення на ПК користувача

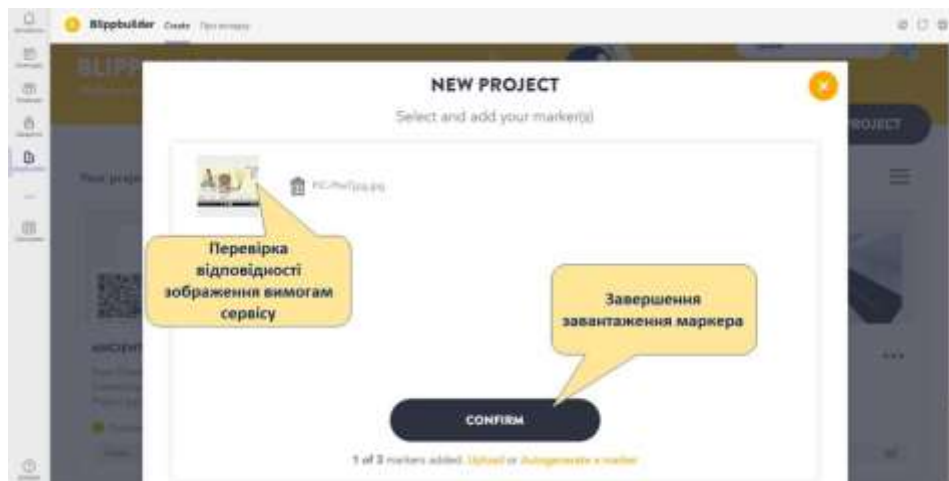


Рис. 89. Перевірка маркера-зображення на відповідність вимогам сервісу

Зображення-маркер автоматично розміщується в середовищі – на сцені (рис. 90). Далі вчитель вбудовує до макета 3D-об’єкт для здійснення автоматичного завантаження комп’ютерної моделі (рис. 91-92).

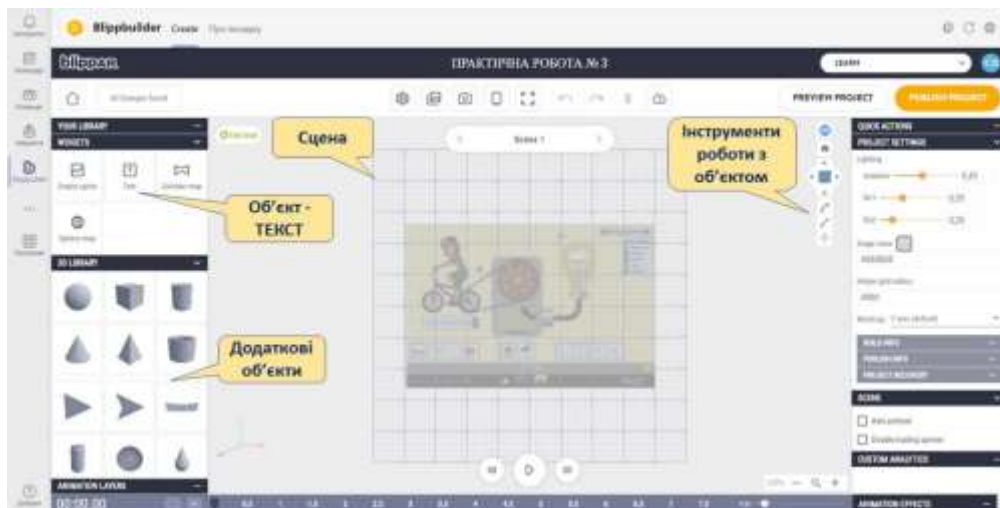


Рис. 90. Вбудовування зображення-маркера на сцені сервісу

Учитель може змінити колір 3D-об'єкта, щоб учні легко могли його віднайти на екрані мобільного телефону або планшета. На наступному кроці необхідно вбудувати посилання на конкретну комп'ютерну модель. Для цього вчитель має зберегти таке посилання заздалегідь – у процесі створення скріну і вставити його у відповідне вікно середовища (рис. 91).

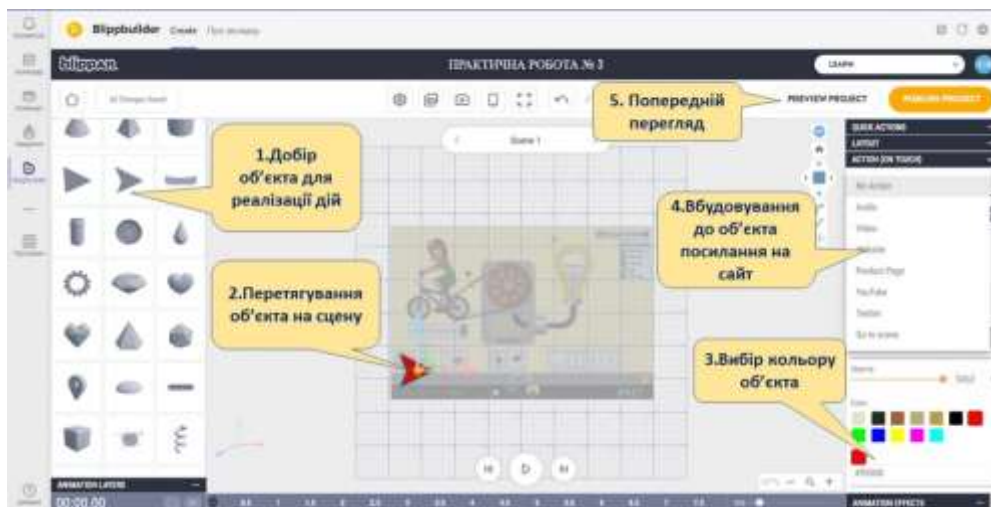


Рис. 91. Додавання 3D-об'єктів для формування послідовності дій

Над 3D-моделлю можна виконати такі дії: повернути вправо, вліво, вперед, назад; збільшити, зменшити (рис. 92). Обираючи режим попереднього перегляду, система автоматично формує QR-код за яким можна відтворити створену доповнену реальність. Для перевірки коректності відтворення доповненої реальності необхідно за допомогою програми сканера QR-кодів відтворити комп'ютерну модель. У разі виникнення неточностей – уточнити розташування 3D-моделі або уточнити коректність посилання (рис. 93).

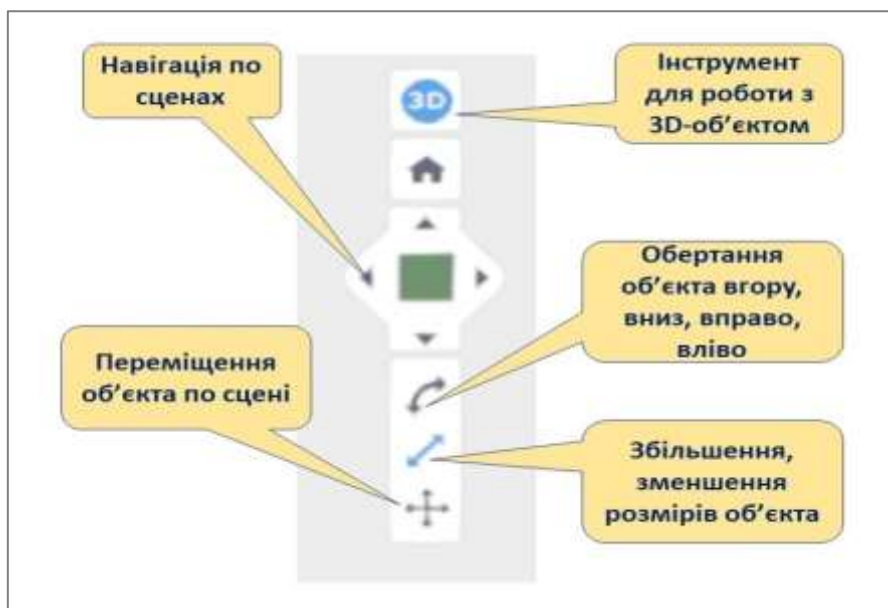


Рис. 92. Вибір інструмента для роботи з 3D-об'єктом

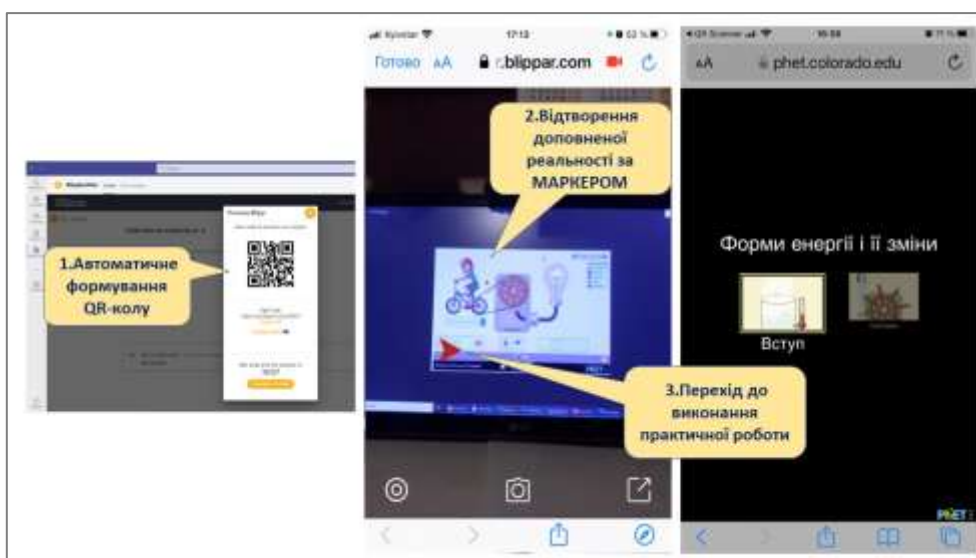


Рис. 93. Перевірка коректності відтворення створеної доповненої реальності

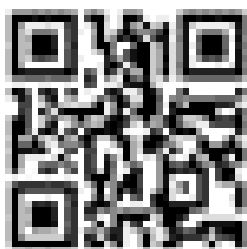
Відпрацювавши навички роботи в середовищі Bliprbuilder можна перейти до етапу розроблення практичної роботи. Особливість цього процесу полягає в створенні в документі Word інструкції про прохід виконання роботи, що обов'язково має включати розміщеного QR-коду та зображення-маркера (рис. 94).

Організація зворотного зв'язку полягає в формах отримання вчителем виконаної практичної роботи учнем. Це може бути: віртуальний диск на який учні завантажують свої практичні роботи; електронна пошта; Google Classroom або Teams та ін.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

Тема:

Мета:



Хід виконання:

1. Просканувати QR-код/зображення в програмі Blippbuilder
2. Запустити комп'ютерну модель...
3. Перевірити залежність ...
4. Послідовно змінити кілька параметрів... Дані внести в таблицю...
5. Сформулювати висновки

Таблиця

1	2	3	4

Рис. 94. Шаблон практичної роботи з доповненою реальністю

Для здійснення оцінювання практичної роботи, повідомлення учнів про їхні досягнення, найпростішим способом буде використання саме третього варіанту – Google Classroom або Teams, оскільки вони мають вбудовані електронні журнали.

До переваг застосування такого підходу в організації практичних робіт в закладах загальної середньої освіти можна віднести те, що учень може виконувати практичну роботу будь-де (бомбосховище, пункт незламності, HUB, дома) та будь-коли; він може використовувати наявні гаджети (планшет, мобільний телефон); практична робота може бути видрукувана, а може бути в цифровому форматі розміщена вчителем на його сайті або блозі; виконання практичної роботи може бути здійснено необмежену кількість разів; навчання зберігає свої основні особливості, а саме: неперервність, доступність, індивідуалізацію.

ВИСНОВКИ

Сучасний світ переживає революцію в освіті завдяки впровадженню віртуальної та доповненої реальностей у навчальні процеси.

1. Особливим шляхом є створення штучної освітньої екосистеми, побудованої на цих технологіях, що відкриває перед вчителями нові можливості для модернізації підходів до навчання, доступу до знань та розвитку компетентностей учнів.

Важливими визначені такі кроки при проектуванні та створенні штучної освітньої екосистеми:

- Визначення переліку важливих екосистемних показників створюваної системи.
- Визначення бажаного діапазону значень обраних показників.
- Створення імітаційної моделі проекрованої екосистеми.
- Перевірення на моделі відповідності значень обраних показників заданим.
- Створення екосистеми.

2. Зарубіжний досвід з використання віртуальної та доповненої реальностей в освіті демонструє безліч переваг та перспектив для покращення навчального процесу. Імерсивні технології дозволяють створити динамічне та цікаве освітнє середовище, що залучає учнів до навчання та забезпечує їх активну участь у навчальних процесах. Використання VR та AR допомагають зробити навчання більш доступним та ефективним для різних категорій учнів/студентів, а також стимулює креативний підхід до навчання та інноваційність в освіті. Застосування імерсивних технологій в освітніх середовищах – це невичерпне джерело можливостей, яке привертає увагу педагогів та дослідників з усього світу.

3. Виокремлені ризики щодо відповідального використання технологій доповненої і віртуальної реальності в шкільній освіті. Основні з них є:

- *загроза приватності/конфіденційності*, а саме, ці технології використовують дані, які глибоко пов'язані з особистістю, приватною поведінкою та думками людей;
- *невідомий психічний вплив*: імерсивні технології тягнуть за собою прямі зв'язки з розумовими здібностями людини та сприйняттям реальності, які ще не повністю зрозумілі;
- *незворотні наслідки*: потужність, швидкість і децентралізована природа сучасних цифрових інструментів означають, що коли помилки збільшуються, їх важко виправити.

Ці ризики потребують ретельного дослідження впливу технологій доповненої і віртуальної реальності на здоров'я і навчання учнів, на вчителів та

їх викладання. Також, зважаючи на значний зарубіжний досвід у використанні цих технологій і якість більшості наукових публікацій, бажано відслідковувати появу і аналізувати результати досліджень провідних педагогів світу, використовуючи достовірну інформацію з надійних джерел. Важливо нам, освітянам, усвідомлювати те, що з розвитком технологій ми повинні забезпечити їх впровадження з належним урахуванням впливу, який вони можуть мати на наше життя та добробут.

4. Аналізуючи результати анкетування учнів щодо використання ними VR для навчання, ми дійшли висновку, що учні 7-9 класів готові до такого процесу. Важливими аспектами для досягнення ефективності впровадження і використання VR залишаються такі, як забезпечення окулярами віртуальної реальності, освітнім контентом, формування навичок використання VR та інтеграція VR в зміст навчання. На думку учнів у першу чергу предмети природничого циклу заслуговують на розроблення контенту за технологією VR, а зокрема фізика, біологія, хімія. Значну перевагу учні також віддали інформатиці, географії та історії. Позитивне ставлення та бажання учнів використовувати VR підтверджує їхню готовність до навчання у віртуальному освітньому середовищі, з метою досягнення як вищих результатів навчання, самоосвіти, так і формування індивідуальної траєкторії розвитку.

З'ясовано, що для використання AR в освітньому процесі необхідно мати чотири основні складники: технічні засоби, засоби відтворення, операційну систему та програмне забезпечення. Аналізуючи освітньо-наукову складову ми з'ясували, що: об'єкти AR можна розміщувати як у друкованих підручниках, робочих зошитах, так і на блогах, тематичних сайтах, це можуть бути роздруковані картки для візуального підтримування навчання; вдалими рішеннями реалізації освітньої наочності за допомогою AR є відео фрагменти, аудіо записи, 2D і 3D моделі, тести (без відкритих відповідей); навчальна діяльність має бути організована відповідно до мети й завдань лекції/практичної роботи. Якщо об'єкт AR використовується для пояснення нового матеріалу, бажано врахувати час на самостійне ознайомлення студентів з моделлю або надати час для перегляду фрагмента відео тощо; універсальність об'єктів AR проявляється в реалізації форм навчання як під час групової роботи, так і в процесі виконання індивідуальних завдань. Науково-методичне забезпечення освітнього процесу включає як методичні матеріали, так і інструкції для студентів; у процесі роботи з об'єктами AR з використанням гаджетів (мобільних телефонів, планшетів) спостерігається більша зосередженість «зануреність» студентів на процесі навчання, виконанні завдання та досягненні освітнього результату. Зазначимо, що у процесі цільового (тематичного та професійного спрямування) використання об'єктів AR дає можливість сформувати професійну

та цифрову компетентність.

Використання засобів і сервісів хмаро орієнтованих систем відкритої науки у процесі навчання і професійного розвитку вчителів потребує перегляду змісту освітніх програм закладів вищої освіти. Аспекти доповненої реальності, які успішно реалізовані за кордоном мають бути інтегровані в освітній процес закладів вищої освіти з метою підвищення рівня ІК-компетентності вчителів та надання можливості опанувати новітні технології які невдовзі будуть інтегрованими в підручники, дистанційні курси та стануть засобами самоосвіти.

MERGE Cube – вдале технологічне рішення для закладів загальної середньої освіти. Їх проєктування може бути реалізованим як для рівнів освіти: початкова школа, гімназії, ліцеї, так і у розрізі класів навчання 1–12 класи або предметів (фізика, хімія, біологія та ін.).

Проблемним залишається науково-методичне забезпечення освітнього процесу з використанням технологій AR. Нині це може бути індивідуальний досвід вчителя: використання конкретного рішення AR для свого предмету або дисципліни викладання. Проте для всієї системи освіти мають бути розроблені концептуальні підходи.

Важливим є організувати, змодельовати та впровадити модель взаємодії учасників освітнього середовища у ЗЗО з використанням VR та AR. Дослідження показують, що є можливість покращити взаємодію учасників навчального процесу за допомогою віртуальної та доповненої реальностей. Методичні рекомендації та подальші дослідження необхідні для вивчення різних цілей, таких як вивчення учнями нового навчального матеріалу, лабораторні роботи, спільне дослідження та надання вказівок для вчителів щодо роботи з учнями у освітньому середовищі з використанням VR та AR. З іншого боку, учасники навчального процесу, серед яких і викладачі, і студенти, краще розуміють взаємодію з використанням доповненої реальності. Вони використовують як уже існуючі технології доповненої реальності, так і створюють власні програми для освітніх цілей.

Виокремлені основні моделі взаємодії учасників освітнього середовища з використанням AR і VR, а саме: модель спільного навчання, де AR і VR можуть сприяти спільному навчанню, створюючи захоплюючі та інтерактивні віртуальні середовища, в яких учні/студенти, вчителі та фахівці можуть працювати разом над проєктами та завданнями; модель емпіричного навчання, де AR і VR можуть надати користувачам реалістичний і захоплюючий досвід, який покращить їх навчання; персоналізована модель навчання, де AR і VR може використовуватися для адаптації освітнього досвіду до потреб і вподобань окремих учнів/студентів; модель віртуальних екскурсій, AR і VR дозволяють відвідувати користувачам віртуальні екскурсії, дозволяючи їм в реальному часі

продивлятися музеї, пам'ятки чи культурні місця, не виходячи з класу; модель професійного розвитку, при впровадженні якої інструменти доповненої та віртуальної реальності можуть підтримувати професійний розвиток вчителів та персоналу навчальних закладів; модель віртуальних лабораторій, що можуть забезпечити симуляції доповненої та віртуальної реальностей та відтворювати лабораторні середовища, надаючи учасникам практичний досвід у наукових та інженерних дисциплінах.

Важливо зазначити, що впровадження AR і VR в навчальних закладах може вимагати відповідної інфраструктури, технологічної підтримки та навчання як викладачів, так і студентів. Однак ці моделі пропонують великий потенціал для покращення взаємодії учасників і покращення результатів навчання в загальноосвітньому середовищі. А саме: *зміна парадигми навчання*: використання віртуальної та доповненої реальностей дозволяє створювати імерсивне середовище для навчання, де студенти можуть відчувати себе в центрі подій. Це сприяє активнішому залученню до навчального процесу, розвитку креативності та критичного мислення; *доступність та глобальний характер*: штучна освітня екосистема з використанням віртуальної та доповненої реальностей може допомогти зробити освіту більш доступною для людей з різних частин світу. Вона дозволяє дистанційне навчання, а також може бути особливо корисною для тих, хто має обмеження в рухах або доступі до традиційних навчальних закладів; *розвиток практичних навичок*: Віртуальна та доповнена реальності можуть симулювати реальні ситуації, що дозволяє студентам відпрацьовувати практичні навички в безпечному середовищі. Це особливо актуально для медичної, інженерної та інших практичних спеціальностей; *індивідуалізований підхід*: штучна освітня екосистема дозволяє налаштовувати навчальний процес на індивідуальні потреби та можливості кожного студента; адаптивні програми та завдання можуть бути створені на основі аналізу успішності та здібностей; *виклики та перешкоди*: незважаючи на всі переваги, існують виклики, пов'язані з технічною складністю, вартістю обладнання, а також з питаннями безпеки даних та впливу на здоров'я користувачів.

У підсумку, освітнє середовище з використанням віртуальної та доповненої реальностей має потенціал змінити підхід до навчання та зробити освіту більш доступною та ефективною. Проте, важливо ретельно вивчити всі аспекти впровадження цих технологій, забезпечити їхню безпеку та розробити ефективні стратегії навчання, щоб досягти максимальних позитивних результатів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 21CLEO Research Team, "10. What Is a Learning Ecosystem?" (2019). 21CLEO Research Project Blog Posts. 7. [Електронний ресурс]. Доступно: https://pdxscholar.library.pdx.edu/cleo_blog/7 – Дата доступу: 30.12.2022
2. Aarseth E. Virtual worlds, real knowledge: towards a hermeneutics of virtuality. *European Review*, 2001. Vol. 9. Pp.227-2323
3. Akbaş Y, Şahin IF, Meral E. Implementing argumentation-based science learning approach in social studies: Academic achievement and students' views. *Rev Int Geogr Educ Online*. 2019;9: 209–245.
4. Akçayır, M.; Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educ. Res. Rev.* 20, 1–11
5. Augmented and Virtual reality survey report (2020). Presented by PERKINS COIE. URL: <https://www.perkinscoie.com/images/content/2/3/v4/231654/2020-AR-VR-Survey-v3.pdf>
6. Augmented and Virtual reality survey report (2021). Presented by PERKINS COIE. URL: <https://www.perkinscoie.com/content/designinteractive/xr2021/>
7. Azuma, R.T. (2017) Making Augmented Reality a Reality. In: Proceedings Imaging and Applied Optics. 2017 San Francisco, California, United States, OSA Publishing. <https://doi.org/10.1364/3D.2017.JTu1F.1>
8. Bannister N. A. Комп'ютерний зоровий синдром у навісних дисплеях: спонтанне миготіння очей і саккади. figshare. 2019. URL: https://hammer.figshare.com/articles/Computer_Vision_Syndrome_in_HeadMounted_Displays_Spontaneous_Eye_Blink_Rate_and_Saccades/11309177/1
9. Bell J. T., Fogler H. S. The application of virtual reality to chemical engineering education. *Virtual Reality*, 2004. Vol. 4, pp. 217 218
10. Bellanca, J. L., Orr, T. J., Helfrich, W. J., Macdonald, B., Navoyski, J., and Demich, B. (2019). Developing a Virtual Reality Environment for Mining Research. *Mining, Metall. Exploration* 36 (4), 597–606. doi:10.1007/s42461-018-0046-2
11. Billingham, M., Clark, A. & Lee, G. (2015) A Survey of Augmented Reality Augmented Reality. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*. [Online] 8 (2–3), 73–272. DOI:10.1561/11000000049
12. Bockholt N. VR, AR, MR and what does immersion actually mean? / N.Bockholt // Cross- media, Global, Media & Entertainment, Technology, Industry Perspectives, 2017. <https://www.thinkwithgoogle.com/intl/en-CEE/futureof-marketing/machine-learning/vr-ar-mr-and-whatdoes-immersion-actually-mean/>.

13. Bos A.S., Herpich F., Kuhn I., Guarese R.L.M, Tarouco L.M.R., Zaro M.A., et al. Educational Technology and Its Contributions in Students' Focus and Attention Regarding Augmented Reality Environments and the Use of Sensors. *J Educ Comput Res.* 2019; 1–17.
14. Botella, C., Serrano, B., Baños, R., and García-Palacios, A. (2015). Virtual Reality Exposure-Based Therapy for the Treatment of post-traumatic Stress Disorder: a Review of its Efficacy, the Adequacy of the Treatment Protocol, and its Acceptability. *Ndt* 11, 2533. doi:10.2147/NDT.S89542
15. Bower M. et al. Augmented Reality in education—cases, places and potentials // *Educational Media International.* – 2014. – T. 51. – №. 1. – C. 1-15
16. Buchau, W. M. Rucker Augmented Reality in Teaching of electrodynamics // *COMPEL International Journal of Computations and Mathematics in Electrical.* 2009. P. 948–963. DOI: 10.1108/03321640910959026
17. Building a responsible future for immersive technologies. Report Accenture G20 Young Entrepreneurs' Alliance (G20 YEA). 2019. URL: https://www.accenture.com/_acnmedia/Accenture/Redesign-Assets/DotCom/Documents/Global/1/Accenture-G20-YEA-report.pdf#zoom=50
18. Burov O. et al. Cognitive performance degradation in high school students as the response to the psychophysiological changes // *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics.* Springer, Cham, 2020. C. 83-88
19. Burov O.Y., Pinchuk O.P., Pertsev M.A., Vasylychenko Y.V. Using the Students' State Indices for Design of Adaptive Learning Systems. *Information Technologies and Learning Tools.* 2018. 68 (6). 20-32. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v68i6.2715>
20. Burov, O., Bykov, V., & Lytvynova, S. ICT Evolution: from Single Computational Tasks to Modeling of Life. In O. Sokolov, G. Zholtkevych, V. Yakovyna, Yu. Tarasich, ... H. Kravtsov (Eds.), *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume II: Workshops.* CEUR Workshop Proceedings, 2732.- 2020. - 538-590. <http://ceur-ws.org/Vol-2732/20200583.pdf>
21. Cai S., Chiang F.K., Wang X. Using the Augmented Reality 3D Technique for a Convex Imaging Experiment in a Physics Course. *Int J Eng Educ.* 2013;29: 856–865.
22. Cai S., Wang X., Chiang F.K. A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course. *Comput Human Behav.* 2014;37: 31–40
23. Calvet, L.; Bourdin, P.; Prados, F. Immersive Technologies in Higher Education. In *Proceedings of the 2019 3rd International Conference on Education and E-Learning*, Barcelona, Spain, 5–7 November 2019. Beck, D. Special Issue:

Augmented and Virtual Reality in Education: Immersive Learning Research. *J. Educ. Comput. Res.* **2019**, 57, 1619–1625.

24. Capps D. K., Crawford B. A. Inquiry-based instruction and teaching about nature of science: are they happening? *Journal of Science Teacher Education*, 2013. Vol. 24. Pp. 497 526

25. Carlos J. Ochoa. Disruptive Education through Immersive Learning Technologies, VRARA Education Committee. Piacenza (Italy), 24.09.2019. <https://www.thevrara.com/blog2/2019/10/29/disruptive-education-through-immersive-learning-technologies>. Accessed 21.08.2020

26. Cascales-Martínez A, Martínez-Segura MJ, Pérez-López D, Contero M. Using an augmented reality enhanced tabletop system to promote learning of mathematics: A case study with students with special educational needs. *Eurasia J Math Sci Technol Educ.* 2017;13: 355–380.

27. Chang E., Kim H.T., Yoo B. Virtual reality sickness: a review of causes and measurements. *International Journal of Human-Computer Interaction.* 2020. VOL. 36. No. 17. 1658-1682. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1778351>

28. Chang, Vanessa & Guetl, Christian. (2007). E-Learning Ecosystem (ELES) - A Holistic Approach for the Development of more Effective Learning Environment for Small-and-Medium Sized Enterprises (SMEs). p:420-425. [Електроний ресурс].
Доступно:[https://www.researchgate.net/publication/4253689_E-Learning_Ecosystem_ELES_-](https://www.researchgate.net/publication/4253689_E-Learning_Ecosystem_ELES_-A_Holistic_Approach_for_the_Development_of_more_Effective_Learning_Environment_for_Small-and-Medium_Sized_Enterprises_SMEs)
[A Holistic Approach for the Development of more Effective Learning Enviro](https://www.researchgate.net/publication/4253689_E-Learning_Ecosystem_ELES_-A_Holistic_Approach_for_the_Development_of_more_Effective_Learning_Environment_for_Small-and-Medium_Sized_Enterprises_SMEs)
[nment for Small-and-Medium Sized Enterprises SMEs](https://www.researchgate.net/publication/4253689_E-Learning_Ecosystem_ELES_-A_Holistic_Approach_for_the_Development_of_more_Effective_Learning_Environment_for_Small-and-Medium_Sized_Enterprises_SMEs) – Дата доступу: 30.12.2022

[A Holistic Approach for the Development of more Effective Learning Enviro](https://www.researchgate.net/publication/4253689_E-Learning_Ecosystem_ELES_-A_Holistic_Approach_for_the_Development_of_more_Effective_Learning_Environment_for_Small-and-Medium_Sized_Enterprises_SMEs)
[nment for Small-and-Medium Sized Enterprises SMEs](https://www.researchgate.net/publication/4253689_E-Learning_Ecosystem_ELES_-A_Holistic_Approach_for_the_Development_of_more_Effective_Learning_Environment_for_Small-and-Medium_Sized_Enterprises_SMEs) – Дата доступу: 30.12.2022

29. Chen C.-H., Chou Y.-Y., Huang C.-Y. An Augmented-Reality-Based Concept Map to Support Mobile Learning for Science. *Asia-Pacific Educ Res.* 2016;25: 567–578.

30. Chen Y.C. Effect of Mobile Augmented Reality on Learning Performance, Motivation, and Math Anxiety in a Math Course. *J Educ Comput Res.* 2019.

31. Chen, P.; Liu, X.; Cheng, W.; Huang, R. (2017). A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016. In *Innovations in Smart Learning*; Springer: Singapore, pp. 13–18

32. Cheng Y.W., Wang Y., Cheng I.L., Chen N.S. An in-depth analysis of the interaction transitions in a collaborative Augmented Reality-based mathematic game. *Interact Learn Environ.* 2019;27: 782–796.

33. Chesham, R. K., Malouff, J. M., and Schutte, N. S. (2018). Meta-analysis of the Efficacy of Virtual Reality Exposure Therapy for Social Anxiety. *Behav. Change* 35 (3), 152–166. doi:10.1017/bec.2018.15
34. Christofi, M., and Michael-Grigoriou, D. (2016). “Virtual Environments Design Assessment for the Treatment of Claustrophobia,” in 2016 22nd International Conference on Virtual System & Multimedia (VSMM), IEEE, 1–8. doi:10.1109/VSM.2016.7863215
35. Cieutat J.-M. Olivier Hugues, Nehla Ghouaiel Active Learning based on the use of Augmented Reality Outline of Possible Applications: Serious Games, Scientific Experiments, Confronting Studies with Creation, Training for Carrying out Technical Skills. *International Journal of Computer Applications*. 2012. Vol. 46. No 20. Pp. 31-36. URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00739730/document>
36. Dalgarno B., Hedberg J., Harper B. The contribution of 3D environments to conceptual understanding. In *Proceedings of the 19th Annual Conference of the Australian Society for Computers in Tertiary Education (ASCILITE)*, 2002. URL: <http://www.ascilite.org.au/conferences/auckland02/proceedings/papers/051.pdf> (дата звернення: 15.02.2022).
37. Demitriadou, E., Stavroulia, K.E. & Lanitis, A. Comparative evaluation of virtual and augmented reality for teaching mathematics in primary education. *Educ Inf Technol* 25, 381–401 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09973-5>
38. DiLullo, C.; McGee, P.; Kriebel, R.M. Demystifying the Millennial student: A reassessment in measures of character and engagement in professional education. *Anat. Sci. Educ.* 2011, 4, 214–226
39. Doak D. G., Denyer G. S., Gerrard J. A., Mackay J. P., Allison J. R. Peppy: a virtual reality environment for exploring the principles of polypeptide structure // Special Issue: Tools for Protein Science. 2020. Vol. 29, Issue 1. P. 157–168.
40. Duncan I., Miller A., Jiang S. A taxonomy of virtual worlds usage in education // *British Journal of Educational Technology*. 2012. 43(6). P. 949–964;
41. Dunleavy, M.; Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning. In *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*; Springer: New York, NY, USA, pp. 735–745
42. Dyulicheva Yu. Yu., Gaponov D. A., Mladenović R., Kosova Ye. A. The virtual reality simulator development for dental students training: a pilot study. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality in Education*, 2021. Vol. 2898. Pp. 56-67.
43. Edwards B. I., Bielawski K.S., Prada R. et al. Haptic virtual reality and immersive learning for enhanced organic chemistry instruction. *Virtual Reality*, 2019. Vol. 23. Pp. 363 373. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0345-4>

44. Elmoazen, R., Saqr, M., Khalil, M. et al. Навчання аналітиці у віртуальних лабораторіях: систематичний огляд літератури емпіричних досліджень. Розумне навчання. Навколишнє середовище. 10, 23 (2023). <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00244-y>
45. Falconer, C. J., Rovira, A., King, J. A., Gilbert, P., Antley, A., Fearon, P., et al. (2016). Embodying Self-Compassion within Virtual Reality and its Effects on Patients with Depression. *BJPsych open* 2 (1), 74–80. doi:10.1192/bjpo.bp.115.002147
46. Fidan M., Tuncel M. Integrating augmented reality into problem based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education. Computers & Education. Elsevier Ltd; 2019.
47. Freeman D., Reeve S., Robinson A., Ehlers A. Virtual reality in the assessment, understanding, and treatment of mental health disorders // *Psychological Medicine*. – 2017. Vol. 47, Iss. 14. – P. 2393–2400
48. G. Gousios, M. Pinzger, and A. V. Deursen, “An exploratory study of the pull-based software development model,” in *Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering*, ACM, 2014, pp. 345–355
49. Garrett B.M., Jackson C., Wilson B. Augmented reality m-learning to enhance nursing skills acquisition in the clinical skills laboratory. *Interact Technol Smart Educ*. 2015;12: 298–314.
50. Garzón, J., Pavón, J. & Baldiris, S. Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality*, 2019. Vol. 23. Pp. 447–459. URL: <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9>
51. Giasiranis S., Sofos L. Production and Evaluation of Educational Material Using Augmented Reality for Teaching the Module of " Representation of the Information on Computers " in Junior High School. *Creative Education*. 2016. Vol.7. Pp.1270-1291. Doi: 10.4236/ce.2016.79134
52. Gonzalez A., Chi-Poot A., Uc-Cetina V. Usability evaluation of an augmented reality system for teaching Euclidean vectors. *Innov Educ Teach Int*. 2016;53: 627– 636.
53. Horváth I. (2021) An Analysis of Personalized Learning Opportunities in 3D VR. *ФРОНТ. обчис. Sci*. 3: 673826. doi: 10.3389/fcomp.2021.673826
54. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) *Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022. P. 55-68. Springer, Cham Online.
55. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In:

Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) *Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. P. 370-382. Springer, Cham Online ISBN978-3-030-18789-7.

56. Hrybiuk O.O. Mathematical modeling as a means and method of problem solving in teaching subjects of branches of mathematics, biology and chemistry. *Proceedings of the First International conference on Eurasian scientific development. "East West"* Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna, 2014. P. 46-53.

57. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019. S. 101-119.

58. Hrybiuk O. Psychophysiological aspects of the phenomenon of a child's presence in a virtual environment in the process of research learning: results of empirical research. In: ***European potential for the development of pedagogical and psychological science: Collective monograph***. Riga, Latvia: "Baltija Publishing", 2021. P.147-187.

59. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers "Clever". In: *Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-09385-2_20

60. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume 27-32, 2020. P. 770-785.

61. Hsin-Kai Wu, Lee Silvia Wen-Yu, Chang Hsin-Yi, Liang Jyh-Chong. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 2013. Vol.62(1). Pp. 41-49. Elsevier Ltd. Retrieved June 11, 2020 URL: <https://www.learntechlib.org/p/132254>

62. Hsu H.J. The Potential of Kinect as Interactive Educational Technology. *2nd Int Conf Educ Manag Technol*. 2011;13: 334–338.

63. Huang H.-M., Liaw S.-S., Lai C.-M. Exploring learner acceptance of the use of virtual reality in medical education: a case study of desktop and projectionbased display systems. *Interactive Learning Environments*, 2013. Pp. 1-17

64. Huang T.C., Chen C.C., Chou Y.W. Animating eco-education: To see, feel, and discover in an augmented reality-based experiential learning environment. *Comput Educ.* 2016;96: 72–82.
65. Huang Y.M., Lin P.H. Evaluating students' learning achievement and flow experience with tablet PCs based on AR and tangible technology in u-learning. *Libr Hi Tech.* 2017;35: 602–614.
66. Hussein, M. , Nätterdal, C. The Benefits of Virtual Reality in Education- A comparison Study, Department of Computer Science and Engineering, Chalmers University of Technology University of Gothenburg Göteborg, Sweden, June 2015. URL: https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/39977/1/gupea_2077_39977_1.pdf
67. Including children with disabilities in humanitarian action \Включення дітей з інвалідністю до гуманітарної діяльності, Дитячий фонд ООН (ЮНІСЕФ), червень 2017 р, https://www.unicef.org/ukraine/media/27106/file/disability_inclusive_humanitarian_action_UA.pdf
68. Jacobides, M.G., Cennamo, C., Gawer, A. Towards a theory of ecosystems. *Strat Mgmt J.* 2018; 39: 2255– 2276. [Електронний ресурс] Доступно: <https://doi.org/10.1002/smj.2904>– Дата доступу: 30.12.2022
69. Jaziar Radianti, Tim A. Majchrzak, Jennifer Fromm, Isabell Wohlgenannt. Систематичний огляд імерсивних додатків віртуальної реальності для вищої освіти: елементи дизайну, отримані уроки та програма досліджень. *Комп'ютери та освіта*, Том 147, 2020, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>.
70. Jestice R. J., Kahai S. The Effectiveness of Virtual Worlds for Education: An Empirical Study / Sixteenth Americas Conference on Information Systems (AMCIS), Lima, Peru, 2010. 10 p.
71. Kaimara, P., Oikonomou, A., Deliyannis, I. Could virtual reality applications pose real risks to children and adolescents? A systematic review of ethical issues and concerns, *Virtual Real.* 2021 Aug 3: 1–39. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8328811/>
72. Kaufmann H. *Geometry education with augmented reality* [Doctoral dissertation, Vienna University of Technology]. Vienna, Austria. 2004. <https://doi.org/10.1145/1242073.1242086>
73. Kaufmann H., Meyer B. Simulating Educational Physical Experiments in Augmented Reality // *Proceedings of ACM SIGGRAPH ASIA 2008 Educators Program*, ACM Press, New York. USA: NY, 2008. 8 p.
74. Kauppinen R., Drake M., Anttila K. and Lindgren E. Implementing Virtual Reality Based Competence Recognition. - 9th International Conference on Information and Education Technology (ICIET). 2021. Pp. 415-422. doi: 10.1109/ICIET51873.2021.9419617

75. Kavanagh, S.; Luxton-Reilly, A.; Wuensche, B.; Plimmer, B. A systematic review of virtual reality in education. *Themes Sci. Technol. Educ.* **2017**, *10*, 85–119. Lampropoulos, G.;
76. Keramopoulos, E.; Diamantaras, K.; Evangelidis, G. Augmented Reality and Gamification in Education: A Systematic Literature Review of Research, Applications, and Empirical Studies. *Appl. Sci.* **2022**, *12*, 6809.
77. Kinatader, M., Ronchi, E., Nilsson, D., Kobes, M., Müller, M., Pauli, P., & Mülberger, A. Virtual Reality for Fire Evacuation Research. In A. Krasuski, & G. Rein (Eds.), *Federated Conference on Computer Science and Information Systems*. 2014. Vol. 2. Pp. 313-321. URL: <https://lucris.lub.lu.se/ws/portalfiles/portal/3483362/4610536.pdf>
78. Klopfer E., Squire K., *Environmental Detectives — the development of an augmented reality platform for environmental simulations*. Educational Technology Research and Development. 2007. Vol. 56(2). Pp.203-228. DOI: 10.1007/s11423-007-9037-6
79. Kolo K. Nextech AR Goes Live with Enhanced 3D Google Ad Functionality With Launch of Web XR. <https://www.thevrara.com/blog2/2021/8/17/nextech-ar-goes-live-with-enhanced-3d-google-ad-functionality-with-launch-of-web-xr>
80. Köppe, Christian & Nørgård, Rikke & Pedersen, Alex Young. (2017). *Towards a Pattern Language for Hybrid Education*. [Электронный ресурс]. Доступно: https://www.researchgate.net/publication/323784295_Towards_a_Pattern_Language_for_Hybrid_Education – Дата доступа: 30.12.2022
81. Koźlak, M., Kurzeja, A., and Nawrat, A. (2013). “Virtual Reality Technology for Military and Industry Training Programs,” in *Vision Based Systems for UAV Applications* (Heidelberg: Springer), 327–334. doi:10.1007/978-3-319-00369-6_21
82. Kyrilitsias, C., Christofi, M., Michael-Grigoriou, D., Banakou, D., and Ioannou, A. (2020). A Virtual Tour of a Hardly Accessible Archaeological Site: The Effect of Immersive Virtual Reality on User Experience, Learning and Attitude Change. *Front. Comput. Sci.* 2, 23. doi:10.3389/fcomp.2020.00023
83. Lampropoulos, G.; Anastasiadis, T.; Siakas, K. Digital Game-based Learning in Education: Significance of Motivating, Engaging and Interactive Learning Environments. In *Proceedings of the 24th International Conference on Software Process Improvement-Research into Education and Training (INSPIRE)*, Southampton, UK, 16 April 2019; pp. 117–127.
84. Lase, Delipiter. (2019). Education and Industrial Revolution 4.0. 10. 48-62. 10.24114/jh.v10i1

85. Lasica I.-E., Meletiou-Mavrotheris M., Katzis K. Augmented Reality in Lower Secondary Education: A Teacher Professional Development Program in Cyprus and Greece. *Education Sciences*. 2020; 10(4):121. <https://doi.org/10.3390/educsci10040121>
86. Lateef, F. (2010). Simulation-based Learning: Just like the Real Thing. *J. Emerg. Trauma Shock* 3 (4), 348. doi:10.4103/0974-2700.70743
87. Lee I.J., Chen C.H., Wang C.P., Chung C.H. Augmented Reality Plus Concept Map Technique to Teach Children with ASD to Use Social Cues When Meeting and Greeting. *Asia-Pacific Educ Res*. 2018;27: 227–243.
88. Lee, K. Augmented Reality in Education and Training. *Techtrends Tech Trends*, 2012. Vol. 56. Pp.13–21. <https://doi.org/10.1007/s11528-012-0559-3>
89. Lena-Acebo, F.J., García-Ruiz, M.E.(2019). The FabLab Movement: Democratization of Digital Manufacturing. In A. Guerra Guerra, (Ed.) *Organizational Transformation and Managing Innovation In The Fourth Industrial* DOI:[10.4018/978-1-5225-7074-5.ch007](https://doi.org/10.4018/978-1-5225-7074-5.ch007)
90. Li, J., Kong, Y., Röggla, T., De Simone, F., Ananthanarayan, S., De Ridder, H., et al. (2019). “Measuring and Understanding Photo Sharing Experiences in Social Virtual Reality,” in *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–14. doi:10.1145/3290605.3300897
91. Lopez L. L. Virtual reality and augmented reality in education, 2016. URL: <https://elearningindustry.com/virtual-reality-augmented-reality-education> (дата звернення: 15.02.2022)
92. López-Belmonte, J.; Moreno-Guerrero, A.J.; Marín-Marín, J.A.; Lampropoulos, G. The Impact of Gender on the Use of Augmented Reality and Virtual Reality in Students with ASD. *Educ. Knowl. Soc. (EKS)* **2022**, 23, eks.28418.
93. Lvov M. S., Popova H. V. Simulation technologies of virtual reality usage in the training of future ship navigators. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality in Education*, 2019. Vol. 2547. Pp. 50-65
94. Lytvynova S., Medvedieva M. Educational Computer Modelling in Natural Sciences Education: Chemistry and Biology Aspects. *Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. 2020. Vol-2732. P. 532-546. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2732/20200532.pdf>
95. Lytvynova, S., Burov, O., & Slobodyanyk, O. The Technique to Evaluate Pupils’ Intellectual and Personal Important Qualities for ICT Competences. In V. Ermolayev, F. Mallet, V. Yakovyna, V. Kharchenko, ... A. Spivakovsky (Eds.). *Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer*. Volume

II: Workshops. CEUR Workshop Proceedings, 2393. 2019. 170-177. http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_382.pdf

96. Makransky, G.; Petersen, G.B. The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): A Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality. *Educ. Psychol. Rev.* **2021**, *33*, 937–958

97. Mantovani F. VR Learning: Potential and Challenges for the Use of 3D Environ-ments in Education and Training // Towards CyberPsychology: Mind, Cognitions and Socie-ty in the Internet Age. Amsterdam: IOS Press, 2001. P. 207–226.

98. Martin-Gutierrez J., Guinters E., Perez-Lopez D. Improving strategy of self-learning in engineering: laboratories with augmented reality. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*, 2012. Vol. 51. Pp. 832-839. The World Conference on Design, Arts and Education (DAE-2012), May 1-3 2012, Antalya, Turkey. URL: <https://cutt.ly/GgbyLjK>

99. Matcha W., Rambli D. R. A. Preliminary investigation on the use of augmented reality in collaborative learning. *International Conference on Informatics Engineering and Information Science*, Berlin, Heidelberg. 2011. https://doi.org/10.1007/978-3-642-25483-3_15

100. Matthew Busel, The 6 Biggest Challenges Facing Augmented Reality. A look at the biggest risk factors for near-term AR adoption, 07.2017, URL: <https://haptic.al/augmented-realitys-biggest-threats-3f4726a3608>

101. McVeigh-Schultz, J., Márquez Segura, E., Merrill, N., and Isbister, K. (2018). “What's it Mean to "Be Social" in VR? Proceedings of the 2018 ACM Conference Companion Publication on Designing Interactive Systems, 289–294. doi:10.1145/3197391.3205451

102. Meese M.M., O'Hagan E.C., Chang T.P. Healthcare Provider Stress and Virtual Reality Simulation: A Scoping Review. *Simulation in Healthcare : Journal of the Society for Simulation in Healthcare*. 2021 Aug;16(4):268-274. DOI: 10.1097/sih.0000000000000484. PMID: 32890319

103. Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., and Davis, T. J. (2014). Effectiveness of Virtual Reality-Based Instruction on Students' Learning Outcomes in K-12 and Higher Education: A Meta-Analysis. *Comput. Edu.* 70, 29–40. doi:10.1016/j.compedu.2013.07.033

104. Nazligul, M. D., Yilmaz, M., Gulec, U., Gozcu, M. A., O'Connor, R. V., and Clarke, P. M. (2017). “Overcoming Public Speaking Anxiety of Software Engineers Using Virtual Reality Exposure Therapy,” in *European Conference on Software Process Improvement* (Cham: Springer), 191–202. doi:10.1007/978-3-319-64218-5_15

105. Official website of the European Union. Digital skills and jobs. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/digital-skills-and-jobs> (дата звернення 10.04.2021 р
106. Ove Granstrand, Marcus Holgersson, Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition, *Technovation*, Volumes 90–91, 2020, 102098, ISSN 0166-4972, <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2019.102098>.
107. Ozcakir B., Cakiroglu E. An Augmented Reality Learning Toolkit for Fostering Spatial Ability in Mathematics Lesson: Design and Development. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 9(4). 2021. P. 145-167. <https://doi.org/10.30935/scimath/11204>
108. Parong, J., and Mayer, R. E. (2018). Learning Science in Immersive Virtual Reality. *J. Educ. Psychol.* 110 (6), 785–797. doi:10.1037/edu0000241
109. Pho A., Dinscore A. Game-Based Learning Overview and Definition. *Trends Instr Technol Commitee*. 2015; 1– 5
110. Physics 3D Virtual Experiments, компанія LabIn App) LabInApp «Physics 3D Virtual Experiments» [електронний ресурс]. – URL: <https://labinapp.com/virtual-labs/>
111. Pinchuk O. et al. VR in Education: Ergonomic Features and Cybersickness. In: Nazir S., Ahram T., Karwowski W. (eds) *Advances in Human Factors in Training, Education, and Learning Sciences. AHFE 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1211. Springer, Cham, 2020. 350-355. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50896-8_50
112. Pinchuk O., Burov O., Lytvynova S. Learning as a Systemic Activity. In: Karwowski W., Ahram T., Nazir S. (eds) *Advances in Human Factors in Training, Education, and Learning Sciences. AHFE 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 963. pp 335-342. URL: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-030-20135-7_33.pdf Doi.org/10.1007/978-3-030-20135-7_33
113. Pinchuk O.P., Tkachenko V.A. and Burov O.Yu. AV and VR as Gamification of Cognitive Tasks. *Proc. 15 th Int. Conf. ICTERI 2019. Vol-2387*. P. 437-442. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2387/20190437.pdf>
114. Pottle, J. (2019). Virtual Reality and the Transformation of Medical Education. *Future Healthc. J.* 6 (3), 181–185. doi:10.7861/fhj.2019-0036
115. Pozo-Sánchez, S.; Lopez-Belmonte, J.; Moreno-Guerrero, A. J.; Fuentes-Cabrera, A. (2021). Effectiveness of flipped learning and augmented reality in the new educational normality of the Covid-19 era. *Belo Horizonte-MG*, v. 14, n. 2, p. e34260. DOI: 10.35699/1983-3652.2021.34260

116. Rezende W.J., Albuquerque E.S., Ambrosio A.P. Use of Augmented Reality to Support Education - Creating a Mobile E-learning Tool and using it with an Inquiry-based Approach. 2017;1: 100–107.
117. Ruiz-Ariza A., Casuso R.A., Suarez-Manzano S., Martínez-López E.J. Effect of augmented reality game Pokémon GO on cognitive performance and emotional intelligence in adolescent young. *Comput Educ.* 2018;116: 49–63.
118. Rupp, M.A.; Odette, K.L.; Kozachuk, J.; Michaelis, J.R.; Smither, J.A.; McConnell, D.S. Investigating learning outcomes and subjective experiences in 360-degree videos. *Comput. Educ.* **2019**, *128*, 256–268.
119. Sack J. Developing the spatial operational capacity of young children using wooden cubes and dynamic simulation software. In T. Craine & R. Rubenstein (Eds.), *Understanding geometry for a changing world: Seventy-first yearbook*. P. 141-154. National Council of Teachers of Mathematics. 2009.
120. Schrier, K. (2006). Student postmortem: reliving the revolution. URL: http://www.gamecareerguide.com/features/263/student_postmortem_reliving_the.php?page=1; Eric Klopfer, Kurt Squire. Environmental Detectives - the development of an augmented reality platform for environmental simulations // Educational Technology Research and Development. - April 2008. - Vol. 56, issue 2. - P. 203-228
121. Schutera S.; Schnierle M.; Wu M.; Pertzelt T.; Seybold J.; Bauer P.; Teutscher D.; Raedle M.; Heß-Mohr N.; Röck S.; et al. On the Potential of Augmented Reality for Mathematics Teaching with the Application cleARmaths. *Educ. Sci.* 2021, *11*, 368. <https://doi.org/10.3390/educsci11080368>
122. Seinfeld, S., Bergstrom, I., Pomes, A., Arroyo-Palacios, J., Vico, F., Slater, M., et al. (2016). Influence of Music on Anxiety Induced by Fear of Heights in Virtual Reality. *Front. Psychol.* 6, 1969. doi:10.3389/fpsyg.2015.01969
123. Selvarian M. E. M., Lombard M. Telepresence: A ‘Real’ Component in a Model to Make Human-Computer Interface Factors Meaningful in the Virtual Learning Environment. Themes in Science and Technology Education. Temple University. Philadelphia, 2004. Pp. 31-58. URL: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1131315.pdf>
124. Shamonia V. H., Semenikhina O. V., Proshkin V. et al. Using the Proteus virtual environment to train future IT professionals. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality in Education*, 2019. Vol. 2547. Pp. 24-36.
125. Shim K.-C., Park J.-S., Kim H.-S. et. al. Application of virtual reality technology in biology education. *Journal of Biological Education*, 2003. Vol. 37. Pp. 71-74.
126. Sirakaya M. Trends in educational AR studies: a systematic review/ M. Sirakaya, D.A. Sirakaya // *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, vol. 6, no. 2, 2018.

127. Soroko N. V., Soroko V. M., Mukasheva M. et .al. Using of virtual reality tools for the development of steam education in general secondary education. *Information Technologies and Learning Tools*, 2021. Vol. 86(6). Pp. 87–105. <https://doi.org/10.33407/itlt.v86i6.4749>
128. Soroko N.V. The augmented reality functions to support the STEAM education at general education institutions. *Фізико-математична освіта*, 2021. № 29 (3), 24–30. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-029-3-004>
129. Stanley G. Weinbaum. *Pygmalion's spectacles*. Vol. 6/35. Wonder Stories, June 1935. 48 pp.
130. Stavroulia, K. E., Christofi, M., Baka, E., Michael-Grigoriou, D., Magnenat-Thalmann, N., and Lanitis, A. (2019). Assessing the Emotional Impact of Virtual Reality-Based Teacher Training. *Ijilt* 36, 192–217. doi:10.1108/IJILT-11-2018-0127
131. Stoddard, Jeremy. (2009). До моделі віртуальної екскурсії для соціальних досліджень. Сучасні проблеми технології та педагогічної освіти. 9. https://www.researchgate.net/publication/242713442_Toward_a_Virtual_Field_Trip_Model_for_the_Social_Studies
132. Suh, A.; Prophet, J. The state of immersive technology research: A literature analysis. *Comput. Hum. Behav.* **2018**, *86*, 77–90
133. Takac, M., Collett, J., Blom, K. J., Conduit, R., Rehm, I., and De Foe, A. (2019). Public Speaking Anxiety Decreases within Repeated Virtual Reality Training Sessions. *PloS one* 14 (5), e0216288. doi:10.1371/journal.pone.0216288
134. Vard, A., Rahani, V., and Najafi, M. (2018). Claustrophobia Game: Design and Development of a New Virtual Reality Game for Treatment of Claustrophobia. *J. Med. Signals Sens* 8 (4), 231. doi:10.4103/jmss.JMSS_27_18
135. Villena Taranilla, R., Cózar-Gutiérrez, R., González-Calero, J. A., and López Cirugeda, I. (2019). Strolling through a City of the Roman Empire: an Analysis of the Potential of Virtual Reality to Teach History in Primary Education. *Interactive Learn. Environments*, 1–11. doi:10.1080/10494820.2019.1674886
136. Voloshynov S. A., Zhuravlev F. M., Riabukha I. M. et al. Application of VR technologies in building future maritime specialists' professional competences. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality in Education*, 2021. Vol. 2898. Pp. 68-81
137. Volpe G., Gori M. Multisensory Interactive Technologies for Primary Education: From Science to Technology. *Frontiers in psychology*. 2019. Vol. 10. 1076. Doi:10.3389/fpsyg.2019.01076
138. Volta E., Alborno P., Gori M., Volpe G. Designing a multisensory social serious-game for primary school mathematics learning. *Proceedings IEEE Games*,

Entertainment, Media Conference (GEM 2018), 2018. Pp. 407–410. Doi: 10.1109/GEM.2018.8516442

139. Wadhera M. The information age is over; welcome to the experience age. *Tech Crunch*, 2016. Vol. 9. URL: <https://techcrunch.com/2016/05/09/the-information-age-is-overwelcome-to-the-experience-age/> (дата звернення: 15.02.2022)

140. Wang Y.H. Using augmented reality to support a software editing course for college students. *J Comput Assist Learn*. 2017;33: 532–546.

141. Wei X., Weng D., Liu Y., Wang Y. Teaching based on augmented reality for a technical creative design course. *Comput Educ*. 2015;81: 221–234.

142. Wiederhold, B. K., and Riva, G. (2019). Virtual Reality Therapy: Emerging Topics and Future Challenges. *Cyberpsychology, Behav. Soc. Networking* 22 (1), 3–6. doi:10.1089/cyber.2018.29136.bkw

143. Wójcik M. Potential use of Augmented Reality in LIS education. *Educ Inf Technol*. 2016;21: 1555–1569.

144. Wu H.-K., Lee S. W.-Y., Chang H.-Y., Liang, J.-C. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers and Education*, 62(3). P. 41-49. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>

145. Yigitbas, E., Gorissen, S., Weidmann, N. et al. Design and evaluation of a collaborative UML modeling environment in virtual reality
Softw Syst Model (2022). <https://doi.org/10.1007/s10270-022-01065-2>

146. Yoon H.J., Moon H.S., Sung M.S. et al. Effects of prolonged use of virtual reality smartphone-based head-mounted display on visual parameters: a randomised controlled trial // *Sci Rep*. 11. 15382. 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94680-w>

147. Yuen S., Yaoyuneyong G., Johnson E. Augmented reality: An overview and five directions for AR in education // *Journal of Educational Technology Development and Exchange*. - 2011. - Vol. 4, № 1. - P. 119-140

148. Zhu, Y., Ye, H. and Tang, S. Research on the Communication Effect of Augmented Reality Technology in Electronic Publications among Youth—A Case Study of “Augmented Reality Interactive Science Reading”. *Advances in Applied Sociology*, 2017. Vol.7. Pp. 305-318. doi: 10.4236/aasoci.2017.78019

149. Англо-український тлумачний словник з обчислювальної техніки, Інтернету і програмування. Київ: Вид. дім «СофтПрес», 2005. С. 120

150. Берні Де Гроат, Інклюзивна гра: професор мистецтв Мічиганського університету керує створенням інтерактивної гри для дітей з обмеженими можливостями та без них, Новини Мічиганського університету, <https://news.umich.edu/inclusive-play-u-m-art-professor-leads-creation-of-interactive-game-for-kids-with-and-without-disabilities/>

151. Биков В., Кремень В. Категорії простір і середовище: особливості модельного подання та освітнього застосування. *Теорія і практика упр. соц. системами: філос., психологія, педагогіка, соціол.* (2). стор. 3-16. 2013 [Електронний ресурс]. Доступно: <https://lib.iitta.gov.ua/1188/>. Дата доступу: 30.12.2022
152. Биков В.Ю., Буров О.Ю., Дементієвська Н.П. Кібербезпека в цифровому навчальному середовищі. Інформаційні технології і засоби навчання. 2019. Том. 70. №2. С. 313-331
153. Биков В.Ю. Мобільний простір і мобільно орієнтоване середовище Інтернет-користувача: особливості модельного подання та освітнього застосування. *Інформаційні технології в освіті*, 2013. №17. С. 9-37
154. Биков В. *Моделі організаційних систем відкритої освіти*: Монографія. К.: Атіка, 2008
155. Биков В.Ю., Литвинова С.Г. Віртуальна та доповнена реальність в освітньому процесі як засоби навчання інноваційного педагога-лідера. Лідери ХХІ століття. Формування особистості харизматичного лідера на основі гуманітарних технологій для управління соціальними системами: Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції 28-29 жовтня 2021 р. / за заг. ред, Романовського О.Г. – Х.: ФОП Бровін О.В., 2021. 152 с.
156. Гриб'юк О.О. Імерсивні технології у процесі навчання предметів математичного циклу: становлення нової освітньої парадигми. *Педагогічні науки: теорія та практика*. Запоріжжя: Видавничий дім «Гельветика», 2021. № 4(40). С. 35-45. DOI: <https://doi.org/10.26661/2786-5622-2021-4-05>
157. Гриб'юк О.О. Дослідницьке навчання учнів з використанням імерсивних технологій у контексті їх впливу на інтелектуальний і психофізіологічний розвиток. *Журнал «Перспективи та інновації науки» (Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина»)*. Випуск № 5(5). 2021. С. 185-205. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2021-5\(5\)-185-204](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2021-5(5)-185-204)
158. Гриб'юк О.О. Психофізіологічні підходи щодо проектування комп'ютерно орієнтованих методичних систем дослідницького навчання учнів з педагогічно виваженим використанням імерсивних технологій. *Габітус. Науковий журнал*. Випуск 39. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2022. С. 95-103. DOI: <https://doi.org/10.32843/2663-5208.2022.39.17>
159. Гриб'юк О.О. Імерсивні технології в освіті: особливості когнітивного розвитку дитини у віртуальному середовищі в процесі дослідницького навчання. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми : збірник наукових праць*. Вінниця : ТОВ «Друк плюс», 2021. Вип.62. С. 138-162. ISBN 978-966-2337-01-3

160. Гриб'юк О.О. Імерсивні технології в освіті: особливості когнітивного розвитку дитини у віртуальному середовищі в процесі дослідницького навчання. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми: збірник наукових праць*. Київ-Вінниця: ТОВ Фірма «Планер», 2020.

161. Грунтова, Т., Єчкало, Ю., Стрюк, А., Пікільняк, А. Інструменти доповненої реальності у навчанні фізики у закладах вищої технічної освіти. *Педагогіка вищої та середньої школи*, 2018. №51. С. 47-57. <https://doi.org/10.31812/pedag.v51i0.3655>

162. Дементієвська Н.П., Пінчук О.П., Слободяник О.В., Соколюк О.М. Особливості використання комп'ютерних моделювань у шкільному курсі фізики. Інформаційно-цифровий освітній простір України: трансформаційні процеси і перспективи розвитку: збірник наукових праць. Київ: ЦП Компринт, 2019. С. 67-79

163. Дементієвська Н.П., Соколюк О.М. Віртуальні лабораторні роботи з фізики з використанням інтерактивних комп'ютерних моделювань: збірник навчальних матеріалів. Київ: ІЦО НАПН України, 2022. 157 с.

164. Зильберман Н.Н., Сербин В.А. Возможности использования приложений дополненной реальности в образовании // Открытое и дистанционное образование. - 2014. - № 4(56). - С. 28-33

165. Климнюк В.Є. Віртуальна реальність в освітньому процесі. Актуальні питання навчання, 2018, № 2(56). С. 207-212. doi: 10.30748/zhups.2018.56.28

166. Комп'ютерне моделювання пізнавальних завдань для формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів : монографія / В. Ю. Биков, С. Г. Литвинова, О. Ю. Буров, О. В. Слободяник, О. П. Пінчук, О. М. Соколюк, Н. П. Дементієвська, О. О. Гриб'юк, Ю. М. Богачков, П. С. Ухань / за наук. ред. С. Г. Литвинової. Київ: Педагогічна думка, 2020. 213 с.

167. Литвинова С. Г. Система комп'ютерного моделювання об'єктів і процесів та особливості її використання в навчальному процесі закладів загальної середньої освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2018. Том 64. № 2. С. 48-65. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/2111/1330>

168. Литвинова С. Г. Використання об'єктів доповненої реальності як інструменту візуалізації освітнього контенту. Матеріали науково-практичної Інтернет-конференції «Інформаційні технології в освітньому процесі 2018» / упорядники Д. А. Покришень, М. В. Матюшкін, Є. С. Закревська – Чернігів: ЧОППО імені К. Д. Ушинського, 2019. URL: <https://cutt.ly/ognTXZi>

169. Литвинова С.Г. Модель використання системи комп'ютерного моделювання для формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів. Фізико-математична освіта. Вип. 1 (15)/ Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка, Фізико-математичний факультет редкол.: О.В. Семеніхіна (гол.ред.) [та ін.]. – Суми : [СумДПУ ім. А. С. Макаренка], 2019. Том 1(19). С. 108-115

170. Литвинова С. Г. Теоретико-методологічні основи моделювання і використання хмаро орієнтованого середовища для навчання учнів закладу загальної середньої освіти : монографія. Київ: ЦП Компрінт, 2019. 240 с.

171. Литвинова С.Г. Засоби і сервіси хмаро орієнтованих систем відкритої науки для професійного розвитку вчителів ліцеїв. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «педагогіка. Соціальна робота», 2021. Вип. №1(48). С. 225-230. DOI: <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2021.48.225-230>

172. Литвинова С.Г., Буров О.Ю. Семеріков С.О. Концептуальні підходи до використання засобів доповненої реальності в освітньому процесі. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми : збірник наукових праць. Вінниця : ТОВ «Друк плюс», 2020. Вип. 55. С. 46-62. DOI: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2020-55-46-62>

173. Литвинова С.Г., Соколюк О.М. Критерії та показники оцінювання якості освітніх об'єктів доповненої реальності в підручниках фізики. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2022, №2 (88), С. 23-37. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v88i2.4870>

174. Литвинова С.Г., Сороко Н.В. Готовність учнів гімназій до використання доповненої реальності в освітньому процесі. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*. 2022 Випуск 1 (50). С.158-164. <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2022.50.158-164>

175. Мерзликін, О., Тополова, І., Тронь, В. Розвиток ключових компетентностей засобами доповненої реальності на уроках CLIL. *Освітній вимір*, 2018. №51. С.58-73. <https://doi.org/10.31812/pedag.v51i0.3656>

176. Методика використання комп'ютерного моделювання для формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів: методичні рекомендації / С. Г. Литвинова, Н. П. Дементієвська, О. В. Слободяник, О. М. Соколюк, О.П. Пінчук, О.О. Гриб'юк / за наук. ред. С. Г. Литвинової. Київ: Педагогічна думка, 2020. 76 с

177. Мінтій, І., Соловйов, В. Доповнена реальність: український сучасний бізнес та освіта майбутнього. *Освітній вимір*, 2018. Вип. 51, С. 290-296. <https://doi.org/10.31812/pedag.v51i0.3676>

178. Науково-методичне забезпечення цифровізації освіти України: стан, проблеми, перспективи. Науково-аналітична доповідь / В.Ю. Биков, О.І. Ляшенко, С.Г. Литвинова, В.І. Луговий, Ю.І. Мальований, О.П. Пінчук, О.М. Топузов / за заг. ред. В.Г. Кременя. Київ: ІЦО НАПН України, 2022. 96 с.
179. Нечипуренко, П., Старова, Т., Селіванова, Т., Томіліна, А., Учитель, О. Використання доповненої реальності в хімічній освіті. Освітній вимір, 2018. Вип. 51. С. 25-36. <https://doi.org/10.31812/pedag.v51i0.3650>
180. Носенко Ю.Г. Еволюція засобів і технологій відкритої науки. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «педагогіка. Соціальна робота», 2021. Вип. №1(48). С. 293-298. DOI: <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2021.48.293-298>
181. Пінчук О. П., Литвинова С. Г., Буров О. Ю. Синтетичне навчальне середовище – крок до нової освіти. Інформаційні технології і засоби навчання, 2017. №4(60). С. 28-45. doi: 10.33407/itlt.v60i4.1831
182. Попечителев Е.П., Буров А.Ю. Синтетическая обучающая среда: особенности проектирования. Інформаційні технології і засоби навчання. 2018. Том 66. №4. С. 1–13
183. Рашевська Н. В. Перспективи застосування засобів доповненої реальності у процесі навчання майбутніх інженерів Науковий вісник Ужгородського університету. серія: «Педагогіка. Соціальна робота». 2018. Вип. 2 (43). С.226-228
184. Результати онлайн-опитування «Потреби учителів у підвищенні фахового рівня з питань використання цифрових засобів та ІКТ в умовах карантину»: збірник матеріалів / за заг. ред. Іванюк І. В., Овчарук О. В. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2020. 61 с.
185. Соколюк О. М. Інформаційно-освітнє середовище навчання в умовах трансформації освіти. Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. 2016. Вип. 12(III). С.48-55
186. Соколюк О.М. Вплив VR/AR на технології навчання й освітнянські практики. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. 2021. № 60. с. 108-116.
187. Соколюк О.М., Яцишин А.В. Використання засобів доповненої реальності в освітніх практиках. Цифрова трансформація відкритих освітніх середовищ : колективна монографія / [колектив авторів]; за ред. В.Ю. Бикова. Київ.: ФОП Ямчинський О.В. 2019. С. 133-158
188. Соціальний захист населення України у 2020 році Статистичний збірник , 2021, С.59 https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/07/zb_szn_2020.pdf

189. Термінологічний словник з генетичної електромеханіки. Термінологічний словник до циклу дисциплін інноваційного спрямування для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» / Уклад.: В. Ф. Шинкаренко, А.А. Шиманська. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 78 с. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38693> – Дата доступу: 30.12.2022

190. Шинкаренко В.Ф., Красовський П.О., Місан Н.А. Структурні мутації в адаптивно-функціональній еволюції об'єктів техніки. / «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем - 2021» [Електронний ресурс]. Доступно: <http://ir.stu.cn.ua/bitstream/handle/123456789/24954/18-21.pdf>– Дата доступу: 30.12.2022

191. Шмиголь М.Ф., Юшкевич Ю. С. Віртуальна реальність як феномен інформаційного суспільства: світоглядний аспект. Гілея: науковий вісник. 2019. Вип. 142(2). С. 212-215

192. Штерн В. *Дифференциальная психология и ее методические основы* / В.Штерн. М., 1998.

Для нотаток

[illegible]

**ПРОЄКТУВАННЯ НАВЧАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА
З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАСОБІВ
ДОПОВНЕНОЇ ТА ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТЕЙ
В ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ**

Колективна монографія

Колектив авторів:

<i>Литвинова С. Г.</i>	<i>Розділи (1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 2.1, 2.2, 3.1, 3.2, 3.4, 3.5, 3.9, 3.12)</i>
<i>Сороко Н. В.</i>	<i>Розділи (1.1, 2.4, 3.4)</i>
<i>Богочков Ю.М.</i>	<i>Розділи (2.8, 2.9)</i>
<i>Гриб'юк О.О.</i>	<i>Розділи (3.3, 3.11)</i>
<i>Дементієвська Н.П.</i>	<i>Розділи (2.6, 2.7)</i>
<i>Слободяник О.В.</i>	<i>Розділи (3.6, 3.10)</i>
<i>Соколюк О.М.</i>	<i>Розділи (3.7, 3.8)</i>
<i>Ухань П.С.</i>	<i>Розділи (2.8, 2.9)</i>
<i>Баценко С.В.</i>	<i>Розділи (3.12)</i>
<i>Коркішко І.А.</i>	<i>Розділи (3.5)</i>

*За науковою редакцією
С. Г. Литвинової*

Інститут цифровізації освіти
Національної академії педагогічних наук України
м. Київ, вул. Максима Берлінського, 9
Свідоцтво про державну реєстрацію:
Серія ДК №7609 від 23.02.2022 р.
електронна пошта (E-mail): iitzn_apn@ukr.net