



DOI 10.31110/2413-1571-2023-038-1-009

УДК 373.5:004.946

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ГУРТКА «СТВОРЕННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ» У ДИСТАНЦІЙНОМУ ФОРМАТІ

Ольга СЛОБОДЯНИК ✉

Інститут цифровізації освіти
 Національної академії педагогічних наук України, Україна
 Oslobodyanyk84@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3504-2684>

PECULIARITIES OF THE WORK OF THE GROUP "CREATING AUGMENTED REALITY" IN A REMOTE FORMAT

Olga SLOBODIANYK ✉

Institute for Digitalization of Education
 National Academy of Educational Sciences of Ukraine, Ukraine
 Oslobodyanyk84@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-3504-2684>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Сучасні реалії, кризові ситуації вносять свої корективи в усі сфери нашого життя, тому дистанційна форма навчання є вже звичною. На сьогоднішній день існує багато публікацій науковців, вчителів-практиків щодо організації освітнього процесу в режимі онлайн, описано методики викладання різних дисциплін із врахуванням їх специфіки. Проте мало уваги приділено позаурочній роботі під час дистанційного навчання, зокрема роботі гуртків. Тому метою статті є: розглянути особливості організації роботи гуртка «Створення доповненої реальності» у дистанційному форматі роботи закладу загальної середньої освіти.

Матеріали і методи. Використано методи аналізу та систематизації педагогічної, методичної літератури; узагальнення результатів вітчизняного і зарубіжного досвіду щодо використання іммерсивних технологій в освітньому процесі.

Результати. До особливостей організації роботи гуртка відносимо етапи. На підготовчому етапі ми акцентуємо увагу учнів на теоретичних аспектах доповненої реальності: вводим визначення поняття «іммерсивна 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 відтворених 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.).

Висновки. 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.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: доповнена реальність; дистанційне навчання; позаурочне навчання; об'єкти доповненої реальності.

ABSTRACT

Formulation of the problem. Modern realities and crises make their adjustments in all areas of our lives, so distance learning is already familiar. To date, there are many publications by scientists, and teachers-practitioners on the organization of the educational process online, describing methods of teaching various disciplines, taking into account their specifics. However, little attention is paid to extracurricular work during distance learning, in particular the work of circles. Therefore, the purpose of the article is: to consider the peculiarities of the organization of the work of the circle "Creation of augmented reality" in the remote format of the general secondary education institution.

Materials and methods: methods of analysis and systematization of pedagogical, and methodological literature, generalization of the results of domestic and foreign experience on the use of immersive technologies in the educational process.

Results. The features of the organization of the work of the circle include stages. At the preparatory stage, we focus students' attention on the theoretical aspects of augmented reality: we introduce a definition of the concept of "immersive technology", characterize AR, VR, and MR, determine the advantages and disadvantages of their use in various areas of our lives, consider the features of mobile applications for AR. The next stage is familiarization with the principles of operation of augmented reality tools (AR technologies are rapidly developing and depend on built-in sensors (accelerometer, GPS, compass), and the quality of the objects being played depends on the camera and photo applications, the resource of internal memory for data processing and artificial intelligence through voice commands. The third stage is the practical part, which includes the independent development of augmented reality objects in various environments, in particular, in Unity 3D, Blender, etc., and work with pak tools (RealityKit, SceneForm, AR-Core, AR-Kit, Vuforia, etc.).

Conclusions. For effective work of the club in a remote format, it is necessary to create a learning environment and provide: the possibility of conducting online lessons (synchronously or asynchronously); access to thematic electronic educational materials; the ability to send materials to students and receive completed tasks; feedback and evaluation. The learning environment can be Google Classroom. The classes of the club focus on the peculiarities of working in the Unity and AR Core environments.

KEYWORDS: augmented reality; distance learning; extracurricular training; augmented reality objects.

ВСТУП

Постановка проблеми. З кожним роком застосування доповненої реальності у всіх сферах нашого життя набуває популярності. Освіта не є виключенням. Додатки AR урізноманітнюють навчальний процес, роблять його «яскравішим», інтерактивним, доступним, зрозумілим. Наприклад, нам стали доступними віртуальні подорожі, маємо можливість на уроках хімії і фізики «зазирнути» мікросвіт (будова молекули, атома, броунівський рух, електричний струм ...), на заняттях з біології розглянути будову органів у деталях, на уроках математики вивчати об'ємні фігури без проблем. Проте, ще

Слободяник О. Особливості роботи гуртка «Створення доповненої реальності» у дистанційному форматі. *Фізико-математична освіта*, 2023. Том 38. № 1. С. 60-65. DOI: 10.31110/2413-1571-2023-038-1-009

Для цитування:

Слободяник, О. (2023). Особливості роботи гуртка «Створення доповненої реальності» у дистанційному форматі. *Фізико-математична освіта*, 38(1), 60-65. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-1-009>

Slobodianyuk, O. (2023). Peculiarities of the work of the group "Creating augmented reality" in a remote format. *Physical and Mathematical Education*, 38(1), 60-65. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-1-009>

For citation:

Slobodianyuk, O. (2023). Osoblyvosti roboty hurtka «Stvorennia dopovnoyi realnosti» u dystantsiinomu formati [Peculiarities of the work of the group "Creating augmented reality" in a remote format]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 38(1), 60-65. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-1-009>

одним важливим елементом освітнього процесу в закладах загальної середньої освіти є організація роботи гуртків. Такий вид діяльності дає можливість учням творчо розвиватися, шукати креативні рішення, діяти не стандартно, а також виявити здатність до наукової діяльності. Успішність діяльності гуртка залежить від керівника та правильної організації його роботи. Володіння знаннями медіаграмотності, навичками роботи з інформаційно-комунікаційними технологіями, креативність, бажання продуктивно працювати з дітьми на відстані, ефективно впроваджувати нові ідеї - це неповний перелік навичок успішного керівника гуртка. Сучасні реалії сьогодення вносять свої корективи у всі сфери нашого життя, шкільну та позашкільну діяльність теж не оминули. Актуальним і відкритим залишається питання пошуку альтернативних форм та засобів організації позаурочної роботи в закладах загальної середньої освіти. Саме тому все більшої популярності набуває технологія доповненої реальності (AR), яку разом з технологіями віртуальної та змішаної реальності, відносять до «ключових освітніх технологій наступного десятиліття» (Becker et al., 2018).

Аналіз актуальних досліджень. В наукових колах ведуться суперечки щодо доцільності використання імерсивних технологій в навчальному процесі. Зокрема, розглядається можливість використання технологій доповненої реальності у процесі навчання фізики (Соколюк, 2022); у проєктній діяльності (Мацокін & Пахомова, 2018, 2019); як засіб для розвитку STEM-освіти (Сороко, 2021); аналізується дослідницьке навчання учнів в контексті створення доповненої реальності (AR) та результати впливу можливостей використання імерсивної освітньої системи на когнітивні процеси навчання учнів (Гриб'юк, 2020). Переваги використання доповненої реальності в освітньому процесі: *візуалізація* – полегшує процес запам'ятовування та розвиває абстрактну уяву; *наочність* – тривимірний підхід дає змогу дослідити прилад або явище у деталях, із різних боків; *цікавість* – «живі» зображення та 3D- моделі на сторінках підручника – це дійсно вражає; *сучасність* – опанування інноваційних технологій в освітньому процесі; *увага учасників навчального процесу* – ви привернете увагу своєї аудиторії; портативні й майже безкоштовні навчальні матеріали – з ДР вам потрібно вкладати менше коштів у фізичні матеріали та обладнання (Мацокін & Пахомова, 2020).

Можливостям та проблемам використання засобів доповненої і віртуальної реальностей в освітньому процесі присвячені роботи Wu H.K., Hsin-Kai Wu, Silvia Wen-Yu Lee, Hsin-Yi Chang, JyhChong Liang (Hsin-Kai Wu et al., 2020). Eric Klopfer, Kurt Squire порушують питання проєктування платформи доповненої реальності для моделювання навколишнього середовища (Klopfer et al., 2007). Праці S.Yuen, G.Yaouuneyong, E. Johnson присвячені аналізу розвитку віртуальної і доповненої реальностей (Yuen et al., 2011). Аспект навчання учнів з використанням AR розкрито в роботах (Lee, 2012). Yun Zhu, Hui Ye, Shukun Tang розглядають комунікативний аспекти використання засобів віртуальної і доповненої реальностей (Yun Zhu et al., 2017), а S. Giasiranis і L. Sofos досліджують питання щодо оцінювання якості навчального матеріалу з доповненою реальністю (Giasiranis et al., 2016). Поряд з цим важко не погодитися з думкою, що при використанні VR необхідно обов'язково враховувати когнітивні, лінгвістичні, фізичні (перцептивні, рухові), емоційні (афективні), соціальні та моральні особливості, оскільки використання IVR може призвести до виникнення шкідливої реакції у дітей, які не в змозі когнітивно регулювати такий набутий досвід (Hrybiuk, 2020).

Мета статті: розглянути особливості організації роботи гуртка «Створення доповненої реальності» у дистанційному форматі роботи закладу загальної середньої освіти.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У процесі дослідження використовувались методи аналізу та систематизації педагогічної, методичної літератури; здійснювалося узагальнення результатів вітчизняного і зарубіжного досвіду щодо використання імерсивних технологій в освітньому процесі.

Дослідження виконувалося в рамках науково-дослідної роботи «Проєктування навчального середовища з використанням засобів доповненої та віртуальної реальностей в закладах загальної середньої освіти» (ДР №0121U107689).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

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.1). Середовище, у якому органічно поєднуються сервіси для роботи з документами Google Docs, Google Drive – 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). Керівник гуртка має змогу проводити тестування, контролювати, систематизувати, переглядати результати виконання вправ, застосовувати різні форми оцінювання, коментувати й організовувати ефективно 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.

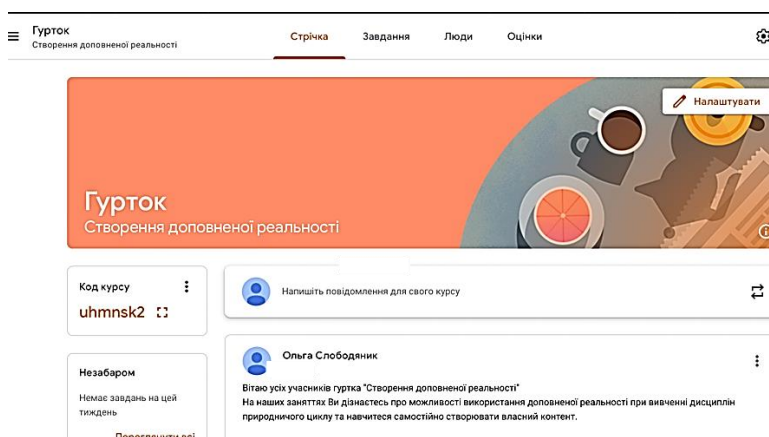


Рис. 1. Сторінка гуртка «Створення доповненої реальності» в сервісі Google Classroom

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 (таблиця 1), 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, Spaceraft 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.).

Таблиця 1

Назва додатку	ОС, на якій працює додаток	Вартість	Аудиторія	Галузь застосування
Arloopa & Live Portrait				
Custom App				
Web AR (ARCORE, ARKIT)				
Unity				
Ar Mirror				
AR in Fb & Instagram				
VFX				
Wikitude SDK				
HP Reveal				
Blippar				

Розглянемо детальніше роботу в *Unity*. Це багатоплатформовий інструмент для розробки відеоігор і 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. (Слободяник, 2022)

Інтерфейс Unity зручний тим, що дає можливість розміщувати вікна так, як зручно користувачеві, тобто налаштовувати гру прямо в редакторі. Головні вікна - це оглядач ресурсів проекту, інспектор поточного об'єкта, вікно попереднього перегляду, оглядач сцени та оглядач ієрархії ресурсів (John Haas, 2020).

Процедура створення проекту 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 покровових 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.2). 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.

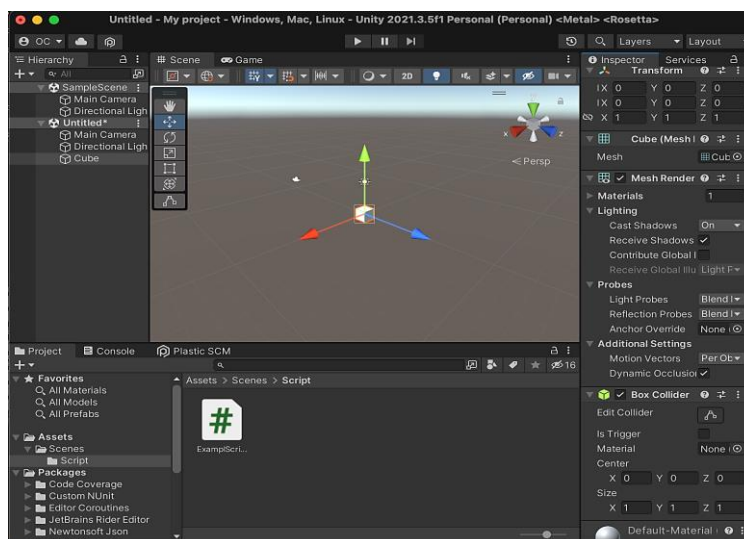


Рис. 2. Робота зі скриптами в середовищі Unity

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 детектує навколишнє середовище та має інструменти для відстеження руху. 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 (стіл або підлогу, наприклад), оцінки рівня освітлення. ARCore працює на телефонах на базі Android 7.0 і 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.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

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.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо в дослідженні можливості використання доповненої реальності у дослідницькій діяльності учнів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мацокин, Д. В., & Пахомова, І.М. (2019) Використання технологій доповненої реальності при викладанні фізики. *Проблеми сучасної освіти*, 151-154.
2. Мацокин, Д.В., & Пахомова, І.М. (2018). Доповнена реальність в освітньому процесі у позашкільний час за темою «Винаходи Леонардо». *Електронні інформаційні ресурси: створення, використання, доступ*, 127 -132.
3. Мацокин, І.Д., & Пахомова, І.М. (2019). Дистанційний курс «фізика для вчителів» або «інноваційні інструменти сучасного фізика». *Електронні інформаційні ресурси: створення, використання, доступ*, 127 -132.
4. Мацокин, Д. В., & Пахомова, І. М. (2020). Платформи й мобільні додатки для створення та використання контенту із технологією доповненої реальності в освітньому процесі. *Проблеми сучасної освіти*, Харків, Україна, (11), 153-160. <https://periodicals.karazin.ua/issuededu/article/view/17672>.
5. Модло, Е. О., Єчкало, Ю. В., Семеріков, С. О. & Ткачук, В. В. (2017). Використання технологій доповненої реальності у мобільно орієнтованому середовищі навчання ВНЗ. *Наукові записки*, 11 (1), Кропивницький, Україна. 93–100.
6. Організація дистанційного навчання в школі. <https://uahistory.co/lesson/organization-remote-teaching-at-school-methodical-recommendations/3.php>.
7. Соколюк, О.М., & Слободяник, О.В. (2022). Застосування технологій доповненої реальності у процесі навчання фізики. *Теорія і практика цифрового навчання в сучасних закладах освіти*.
8. Сороко, Н.В. (2021). Імерсивні технології для підтримки STEAM-підходу в закладі загальної освіти. Наукова школа академіка Івана Язюна у працях його соратників та учнів: матеріали VII науково-практичної конференції (25-26 травня 2021 року), 217-220.
9. Слободяник, О.В. (2022). Доповнена реальність в позаурочній роботі (підготовчий етап). *Імерсивні технології в освіті*, 152-157.
10. Becker, S.A., Brown, M., Dahlstrom, E., Davis, A., DePaul, K., Diaz, V., & Pomerantz, J. (2018). NMC Horizon Report: 2018 Higher Education Edition. EDUCAUSE: Louisville, KY, USA.
11. Giasirani, S., & Sofos, L. (2016). 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*, 7, 1270- 1291. <http://doi.org/10.4236/ce.2016.79134>
12. Hrybiuk, O. (2020). 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, 27-32, 770-785.
13. Hsin-Kai, Wu, Lee, Silvia Wen-Yu, Changc, Hsin-Yi, Liang, Jyh-Chong (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62(1), 41-49. <https://www.learnlib.org/p/132254>.
14. Klopfer, E., & Squire, K. (2007). Environmental Detectives — the development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development*, 56(2), 203-228. <http://doi.org/10.1007/s11423-007-9037-6>.
15. Lee, K. (2012). Augmented Reality in Education and Training. *Tech Trends Tech Trends*, 56, 13–21. <https://doi.org/10.1007/s11528-012-0559-3>.
16. Yuen, S., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. *Educational Technology Development and Exchange*, 4, 119-140.
17. Zhu, Y., Ye, H., & Tang, S. (2017). 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*, 7, 305-318. <https://doi.org/10.4236/aasoci.2017.78019>.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Matsokin, D. V., & Pakhomova, I.M. (2019) Vykorystannia tekhnolohii dopovnenoj realnosti pry vykladanni fizyky [The use of augmented reality technologies in teaching physics]. *Problems of modern education – Problems of modern education*. KhNU imeni V.N. Karazina, Kharkiv, 151-154. (in Ukrainian).
2. Matsokin, D. V., & Pakhomova, I.M. (2018) Dopovnena realnist v osvitnomu protsesi u pozashkilnyi chas za temoiu «Vynakhody Leonardo» [Augmented reality in the educational process in extracurricular time on the topic "Inventions of Leonardo"]. *Electronic information resources: creation, use, access – Electronic information resources: creation, use, access*, Sumy-Vinnitsia, 127 -132. (in Ukrainian).
3. Matsokin, D. V., & Pakhomova, I.M. (2019). Dystantsiinyi kurs «fizyka dlia vchyteliv» abo «innovatsiinyi instrumenty suchasnoho fizyka» [Distance course "physics for teachers" or "innovative tools of modern physics"]. *Electronic information resources: creation, use, access – Electronic information resources: creation, use, access*, Sumy/Vinnitsia, 127 -132. (in Ukrainian).
4. Matsokin, D. V., & Pakhomova, I.M. (2020). Platformy y mobilni dodatky dlia stvorennia ta vykorystannia kontentu iz tekhnolohiieiu dopovnenoj realnosti v osvitnomu protsesi [Platforms and mobile applications for creating and using content with augmented reality technology in the educational process]. *Problems of modern education – Problems of modern education*. Kharkiv, (11), 153-160. <https://periodicals.karazin.ua/issuededu/article/view/17672>. (in Ukrainian).
5. Modlo, Ye. O., Yechkalo, Yu. V., Semerikov, S. O. & Tkachuk, V. V. (2017). Vykorystannia tekhnolohii dopovnenoj realnosti u mobilno oriantovanomu seredovyschi navchannia VNZ [The use of augmented reality technology in a mobile-oriented learning environment of higher education institutions]. *Scientific notes – Scientific notes*, 11 (1), Kropyvnytskyi. 93–100. (in Ukrainian).
6. Orhanizatsiia dystantsiinoho navchannia v shkoli [Organization of distance learning at school]. <https://uahistory.co/lesson/organization-remote-teaching-at-school-methodical-recommendations/3.php>. (in Ukrainian).

7. Sokoliuk, O.M., & Slobodianyuk, O.V. (2022) Zastosuvannia tekhnolohii dopovnoeni realnosti u protsesi navchannia fizyky [Application of augmented reality technology in the process of teaching physics]. In: Materialy vseukrainskoi vebkonferentsii «Teoriia i praktyka tsyfrovoho navchannia v suchasnykh zakladakh osvity» – *Theory and practice of digital learning in modern educational institutions*. Vinnytskyi derzhavnyi pedahohichnyi universytet imeni Mykhaila Kotsiubynskoho, m. Vinnytsia, Ukraina. (in Ukrainian).
8. Soroko, N.V. (2021). Imersyvni tekhnolohii dlia pidtrymky STEAM-pidkhodu v zakladi zahalnoi osvity [Immersive technologies to support the STEAM approach in a general education institution]. *Naukova shkola akademika Ivana Ziaziuna u pratsiakh yoho soratnykiv ta uchniv – Academician Ivan Zyazyun's scientific school in the works of his associates and students: materialy VII naukovo-praktychnoi konferentsii* (25-26 travnia 2021 roku) NTU «KhPI», Kharkiv, 217-220. (in Ukrainian).
9. Slobodianyuk, O.V. (2022). Dopovnena realnist v pozaurochnii roboti (pidhotovchyi etap) [Augmented reality in extracurricular work (preparatory stage)]. *Immersive technologies in education – Immersive technologies in education*. 152-157. (in Ukrainian).
10. Becker, S.A., Brown, M., Dahlstrom, E., Davis, A., DePaul, K., Diaz, V., & Pomerantz, J. (2018). NMC Horizon Report: 2018 Higher Education Edition. EDUCAUSE: Louisville, KY, USA.
11. Giasirani, S., & Sofos, L. (2016). 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*, 7, 1270-1291. <http://doi.org/10.4236/ce.2016.79134>
12. Hrybiuk, O. (2020). 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, 27-32, 770-785.
13. Hsin-Kai, Wu, Lee, Silvia Wen-Yu, Changc, Hsin-Yi, Liang, Jyh-Chong (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62(1), 41-49. <https://www.learnlib.org/p/132254>
14. Klopfer, E., & Squire, K. (2007). Environmental Detectives — the development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development*, 56(2), 203-228. <http://doi.org/10.1007/s11423-007-9037-6>
15. Lee, K. (2012). Augmented Reality in Education and Training. *Techtrends Tech Trends*, 56, 13–21. <https://doi.org/10.1007/s11528-012-0559-3>
16. Yuen, S., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. *Educational Technology Development and Exchange*, 4, 119-140.
17. Zhu, Y., Ye, H., & Tang, S. (2017). 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*, 7, 305-318. <https://doi.org/10.4236/aasoci.2017.78019>.

