

УДК 53:37.091.3:37.02:004.946.5

Баценко Сергій Вікторович,

*молодший науковий співробітник відділу
технологій відкритого навчального середовища
Інституту цифровізації освіти НАПН України,
м. Київ, Україна*

Serhii Batsenko

*Junior Researcher of the Department of Open
Educational Environment Technologies,
Institute for Digitalisation of Education of the NAES of Ukraine,
Kyiv, Ukraine*

e-mail: s.batsenko@iitlt.gov.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7752-609X>

Носенко Юлія Григорівна,

*кандидатка педагогічних наук,
старша наукова співробітниця,
завідувачка відділу технологій
відкритого навчального середовища
Інституту цифровізації освіти НАПН України,
м. Київ, Україна*

Yuliia Nosenko

*Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Researcher,
Head of the Department of Open
Educational Environment Technologies,
Institute for Digitalisation of Education
of the NAES of Ukraine,
Kyiv, Ukraine*

e-mail: nosenko@iitlt.gov.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9149-8208>

ФІЗИКА ДЛЯ БАЗОВОЇ ТА ПРОФІЛЬНОЇ ШКОЛИ: МОДЕЛІ УРОКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В УМОВАХ ЗМІШАНОГО НАВЧАННЯ

***Анотація.** У статті розглянуто питання впровадження технології доповненої реальності (AR) у викладанні фізики для базової та профільної школи в умовах змішаного навчання. Обґрунтовано актуальність використання AR як інструмента підвищення пізнавальної мотивації, розвитку інформаційно-цифрової компетентності учнів та візуалізації складних фізичних явищ. Проведено аналіз наукових джерел, що засвідчив недостатню розробленість методик системного застосування AR у шкільній практиці. Запропоновано чотири авторські моделі (сценарії) уроків фізики для різних класів, які інтегрують AR у різні формати змішаного навчання (ротаційну модель та модель «перевернутого класу»). Описано можливості та надано рекомендації щодо використання мобільних AR-застосунків (Arloopa, ArSolarSystem, Electricity AR, Physics Lab AR) для організації практичних завдань і групової роботи учнів. Наведені моделі уроків демонструють шляхи підвищення ефективності навчання фізики в умовах цифрової трансформації вітчизняної шкільної освіти.*

***Ключові слова:** модель уроку, фізика, імерсивні технології, доповнена реальність (Augmented Reality, AR), змішане навчання, «Перевернутий клас», ротаційна модель.*

PHYSICS FOR BASIC AND HIGH SCHOOLS: LESSON MODELS USING AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY IN BLENDED LEARNING ENVIRONMENTS

***Resume.** The article considers the issue of implementing augmented reality (AR) technology in teaching physics for basic and high schools in blended learning. The relevance of using AR to increase cognitive motivation, develop students' information and digital competence, and visualize complex physical phenomena is substantiated.*

An analysis of scientific sources has been conducted, which has shown that the methods for the systematic application of AR in school practice are insufficiently developed. Four authorial models (scenarios) of physics lessons for different classes are proposed that integrate AR into various blended learning formats (rotational model and “flipped classroom”). The possibilities are described, and recommendations are given for using mobile AR applications (Arloopa, ArSolarSystem, Electricity AR, Physics Lab AR) to organize practical tasks and group work among students. The presented lesson models demonstrate ways to increase the effectiveness of physics teaching in the context of the digital transformation of domestic school education.

Keywords: *lesson model, physics, immersive technologies, augmented reality (AR), blended learning, “Flipped Classroom”, rotational model.*

Актуальність проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями. Сучасна шкільна освіта перебуває в умовах цифрової трансформації, що зумовлює необхідність пошуку нових інструментів для підвищення якості освітнього процесу. Використання імерсивних технологій (англ. *immerse* – занурювати), таких як технології віртуальної, доповненої, змішаної реальності, розглядаються як один із ключових маркерів інноваційних змін.

На думку закордонних учених, експертів у найближчій перспективі імерсивні технології стануть невід'ємним елементом освітньої галузі. За результатами аналітичних досліджень, у 2022 році світовий ринок імерсивних технологій в освіті оцінювався у 5,30 млрд доларів США. Прогнозується, що до 2032 року його обсяг зросте до 40,70 млрд доларів, що відповідає середньорічному приросту близько 23,5 % у період 2023–2032 рр. [12].

Технологія доповненої реальності (Augmented Reality (AR)), як підвид імерсивних технологій, відкриває широкі можливості для візуалізації складних фізичних явищ і процесів, роблячи їх зрозумілими та наочними для учнів. Особливої ваги ця проблема набуває у викладанні фізики, яка традиційно вважається складною для сприйняття через абстрактність понять та обмеженість

шкільного експерименту. Інтеграція технології AR у моделі змішаного навчання сприяє підвищенню мотивації учнів, розвитку їхньої інформаційно-цифрової компетентності, формуванню практико-орієнтованих умінь і навичок. Водночас це відповідає важливим практичним завданням сучасної освіти – створенню інноваційного освітнього середовища, забезпеченню рівного доступу до якісних освітніх ресурсів та підготовці школярів до життя і професійної діяльності у високотехнологічному суспільстві.

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. Серед іноземних учених, які аналізують різні напрями впровадження імерсивних технологій в освітній процес, слід відзначити таких, як: J. Campbell, H. Crompton, K. Jordan, M. Martin, C. Myers (США); S. B. Ahmadi, M. Gilardi (Великобританія); M. Tolman, M. Eggermont, R. Hugo, A. Roncin, R. Bezerra Rodrigues (Канада); A. Dhapte (Індія); C. E. Mendoza-Ramírez, J. C. Tudon-Martinez, L. C. Felix-Herran, A. Vargas-Martínez (Мексика); L. Morgado (Португалія); N. Sala (Швейцарія); K. Nevelsteen (Швеція) та ін.

Науковці України також приділяють увагу розробленню теоретичних і методичних засад використання імерсивних технологій в освітньому середовищі, зокрема в закладах загальної середньої освіти. Варто згадати роботи Ю. Богачкова [1], О. Бурова [2; 11], С. Литвинової [3–5], Н. Рашевської [7], О. Слободяник [8], О. Соколюк [9], А. Сухіх [10] та ін.

Попри наявність значної кількості досліджень із цифровізації освіти, питання системного впровадження технології AR у викладанні фізики для базової та профільної школи залишаються недостатньо розкритими. Зокрема, бракує науково обґрунтованих моделей уроків фізики із застосуванням AR у форматі змішаного навчання; методичних рекомендацій для вчителів щодо оптимального поєднання традиційних засобів навчання та AR; практичних прикладів інтеграції AR у навчальний процес з урахуванням вікових особливостей і навчальних програм.

Мета статті: розроблення та представлення моделей уроків фізики для базової та профільної школи з використанням технології доповненої реальності

(AR) у форматі змішаного навчання. Завдання дослідження полягають у визначенні дидактичного потенціалу AR для візуалізації складних фізичних явищ, аналізі можливостей поєднання традиційних і цифрових інструментів у освітньому процесі, а також у створенні практичних сценаріїв уроків, які можуть бути використані вчителями. Особлива увага приділяється питанням підвищення мотивації учнів, розвитку їхньої інформаційно-цифрової компетентності та розвитку навичок самостійної роботи. Таким чином, стаття спрямована на подолання існуючих прогалин у методиці впровадження AR у шкільну фізичну освіту та надання практико-орієнтованих рекомендацій педагогам.

Викладення основного матеріалу дослідження. Згідно з міжнародним стандартом ISO, імерсивні технології визначаються як засоби, що забезпечують поєднання цифрового (віртуального) контенту з фізичним середовищем, створюючи умови для взаємодії користувача з отриманою змішаною реальністю [13]. Іншими словами, йдеться про технології, які забезпечують часткове або повне занурення у віртуальний простір, а також різні варіанти інтеграції реального та віртуального середовища, коли голографічні об'єкти поєднуються з об'єктами реального світу. До класу імерсивних технологій найчастіше відносять віртуальну реальність (Virtual Reality, VR), доповнену реальність (Augmented Reality, AR), змішану реальність (Mixed Reality, MR) та відео у форматі 360°.

Зважаючи на обмежений доступ до високовартісного обладнання, особливої актуальності набувають гнучкі та економічно доцільні рішення. Саме тому, з огляду на сучасні умови розвитку освіти в Україні, найбільш прийнятним варіантом упровадження є використання доповненої реальності. Ця технологія дозволяє інтегрувати цифровий контент у реальний простір і має вагому перевагу — для її застосування достатньо лише смартфона чи планшета з підключенням до мережі Інтернет [6].

Нині, коли змішане навчання стало поширеною освітньою практикою внаслідок глобальних кризових викликів останніх років (зокрема, пандемії Covid-19 та воєнних дій), технологія доповненої реальності постає як

ефективний засіб підвищення результативності навчання. Дидактичний потенціал AR полягає у вбудовуванні віртуальних об'єктів у реальне середовище, що забезпечує інтерактивність, наочність і глибше занурення у зміст навчання. Застосування AR сприяє гармонійному поєднанню традиційних методів викладання з інноваційними цифровими ресурсами, що позитивно впливає на формування стійкої пізнавальної мотивації, розвиток просторового та критичного мислення, а також підтримку індивідуалізації освітніх траєкторій. Оскільки імерсивні технології, зокрема AR, надають можливість створювати реалістичні симуляції та забезпечують глибше предметне розуміння, особливо в навчанні природничо-математичних дисциплін, доцільним є цілеспрямоване використання цих переваг у викладанні фізики.

У статті представлено чотири авторські моделі уроків фізики для 5-11 класів із використанням технології AR в умовах змішаного навчання:

1. Модель уроку фізики для старшої (профільної) школи на тему «Електричні кола та закони електрики». Модель змішаного навчання – «Перевернутий клас» з використанням AR.

2. Модель уроку фізики для старшої (профільної) школи на тему «Закон Ома. Електричний струм. Напруга, сила струму, опір». Модель змішаного навчання – ротаційна, з використанням AR.

3. Модель уроку фізики для 7 класу на тему «Сонячна система. Рух планет навколо Сонця». Модель змішаного навчання – «Перевернутий клас» з використанням AR.

4. Модель уроку фізики для 9 класу на тему «Будова атома. Електрони і ядро». Модель змішаного навчання – ротаційна, з використанням AR.

Розглянемо детальніше кожну з цих моделей.

1. Модель уроку фізики для старшої (профільної) школи на тему «Електричні кола та закони електрики». Модель змішаного навчання – «Перевернутий клас» з використанням AR.

Загальна інформація.

Клас: 10-11 (12). Предмет: Фізика.

Тема: «Об'єм та площа поверхні просторових фігур».

Модель навчання: «Перевернутий клас», з використанням AR.

Тривалість уроку: 45 хв.

Засоби: Смартфони/планшети з доступом до мережі Інтернет, AR-застосунки (Physics Lab AR), YouTube, Kahoot / Google Forms.

Цілі уроку:

- когнітивні цілі (знання та розуміння): повторити та закріпити знання про закони Ома, послідовне та паралельне з'єднання провідників; усвідомити принцип роботи електричних кіл та енергетичні перетворення в них; розпізнавати фізичні явища в AR-середовищі та пов'язувати їх із реальними процесами;

- практичні цілі (уміння та навички): навчитися будувати прості електричні кола в AR-застосунках; перевіряти залежність сили струму, напруги й опору в експериментах; розвивати навички експериментування й аналізу результатів;

- метапредметні цілі (Soft Skills): розвивати навички групової взаємодії під час виконання проєктних завдань у класі (робота з AR-моделями у групах); розвивати критичне мислення через аналіз експериментів; формувати навички самоорганізації та рефлексії (через самоперевірку після онлайн-етапу);

- технологічні цілі (AR та змішане навчання): навчитися використовувати AR-застосунки для візуалізації абстрактних фізичних процесів (рух електронів, електричні поля, зоряні системи); застосовувати AR для розширення контексту фізики (зв'язок із космічними дослідженнями та енергетикою).

Етапи уроку (за моделлю «перевернутий клас»):

1) До уроку (домашня підготовка – самостійне засвоєння базового матеріалу).

Діяльність	Засіб
Перегляд навчального відео (15 хв)	YouTube: «Закони Ома і будова електричного кола»
Завантаження AR-застосунків	Смартфон / планшет та AR-застосунки (Physics Lab AR)
Ознайомлення з базовими експериментами у застосунках	Смартфон / планшет та AR-застосунки (Physics Lab AR)

Записи у зошит (формули, схеми)	Паперовий/електронний зошит
---------------------------------	-----------------------------

2) На уроці (45 хв).

Етап	Тривалість	Форми роботи	Опис
Актуалізація знань	5 хв	Фронтальна	Опитування: «Що вдалося дізнатися вдома?», обговорення вражень від AR
Групова AR-практика	20 хв	Робота в групах (3–4 учні)	Учні будують схеми в Physics Lab AR, досліджують залежність сили струму від напруги, готують коротку презентацію
Презентація результатів	10 хв	Презентації груп	Кожна група демонструє AR-моделі, пояснення дослідів і формул
Закріплення знань	5 хв	Індивідуально	Вікторина (Kahoot/Google Forms, 8–10 запитань)
Рефлексія	5 хв	Письмова / усна	Відповідь: «Що було найцікавішим / найскладнішим?»

Домашнє завдання.

Варіанти завдань (практичне, творче, рефлексивне):

- скласти у Physics Lab AR два електричних кола та оформити скріншоти з результатами та поясненням;
- написати коротке есе на тему: «Чому AR допомагає зрозуміти фізику краще?».

Оцінювання результатів

Види роботи	Критерії оцінювання
Робота в групі (на уроці)	Співпраця, правильність схем
Участь у презентації	Чіткість пояснень, демонстрація AR
Виконання вікторини	Точність відповідей
Домашнє завдання	Якість, креативність та повнота виконання

Методичні поради:

- модель «Перевернутий клас» ефективно працює лише за умови, що домашня підготовка учнів обов'язкова. Доцільно передбачити оцінку, певний бонус за виконання попереднього етапу;
- перед уроком перевірити наявність AR-застосунку у смартфонах/планшетах учнів;

- обов'язково модерувати активність груп (час, обсяг виступу);
- оцінювати як технічну правильність, так і креативність;
- заохочувати творчі підходи в домашньому завданні (відео, скринкасти, AR-скріни).

2. Модель уроку фізики для старшої (профільної) школи на тему «Закон Ома. Електричний струм. Напруга, сила струму, опір». Модель змішаного навчання – ротаційна, з використанням AR.

Загальна інформація.

Клас: 10-11 (12). Предмет: фізика.

Тема: «Закон Ома. Електричний струм. Напруга, сила струму, опір».

Модель навчання: ротаційна, з використанням AR.

Засоби: Смартфони/планшети з доступом до мережі Інтернет, AR-застосунки (Physics Lab AR або Electricity AR), Kahoot.

Цілі уроку:

- когнітивні цілі (знання та розуміння): уміти пояснити фізичний зміст понять «електричний струм», «напруга», «опір»; уміти сформулювати та пояснити закон Ома для ділянки кола; знати одиниці вимірювання сили струму, напруги, опору та їх співвідношення;

- практичні цілі (уміння та навички): навчитися складати віртуальні електричні кола, використовуючи AR; навчитися експериментально перевіряти закон Ома, змінюючи параметри кола; розвивати навички аналізу результатів і формулювання висновків;

- метапредметні цілі (Soft Skills): розвивати комунікаційні навички під час ротаційних станцій (групові обговорення, взаємонавчання); формувати критичне мислення під час аналізу результатів експериментів; вдосконалювати навички самоорганізації та тайм-менеджменту (робота в ротаційній моделі з обмеженим часом);

- технологічні цілі (AR та змішане навчання): сформувати уміння використовувати AR-застосунки для дослідження електричних кіл; навчитися

застосовувати цифрові інструменти (AR) для візуалізації та вимірювання фізичних величин; вдосконалювати інформаційно-цифрову компетентність.

Ротаційна модель на уроці (чотири зони).

Ротація: кожна група з 5–6 учнів проходить усі зони по черзі протягом уроку (4×10 хв. + 5 хв. на підсумок).

Зони	Назва зони	Види роботи	Тривалість
1. Теоретична (з учителем)	Обговорення основ	Учитель пояснює суть електричного струму, напруги, опору. Разом із групою формулює закон Ома. Розв'язання 1–2 простих задач.	10 хв
2. AR-зона (цифрова)	Моделювання кола	Учні працюють з додатком Physics Lab AR або Electricity AR. Будують просте коло з джерелом, провідником та резистором. Вимірюють силу струму та напругу, роблять скріншоти й записують результати.	10 хв
3. Робоча зона (практика)	Розв'язання задач у зошиті	Учні індивідуально/у парах розв'язують 2 задачі: обчислення сили струму за законом Ома; визначення опору при даній напрузі й струмі.	10 хв
4. Інтерактивна зона (гра)	Гра, вікторина Kahoot	Kahoot або картки із запитаннями: «Який прилад вимірює силу струму?», «Що відбудеться зі струмом, якщо опір збільшити удвічі?», «Яка формула визначає закон Ома?» тощо.	10 хв

Підсумок та рефлексія (до 5 хв.). Вчитель підсумовує ключові ідеї з кожної зони. Обговорення: «У якій зоні було найцікавіше працювати?», «Як AR допоміг зрозуміти закон Ома?».

Домашнє завдання.

Варіанти завдань (практичне, творче):

- розв'язати 3 задачі з підручника на закон Ома (послідовне й паралельне з'єднання);

- створити коротке відео (до 1 хв) із демонстрацією AR-моделі з Physics Lab AR чи Electricity AR та пояснити її;

-написати міні-есе «Чому закон Ома важливий для сучасної техніки та побуту?».

Оцінювання результатів

Види роботи	Критерії оцінювання
Участь у кожній зоні	Активність, правильність виконання завдань
Використання AR-застосунку	Чіткість пояснень, візуалізація результатів
Виконання вікторини	Точність відповідей
Домашнє завдання	Повнота, якість виконання, креативність

Методичні поради:

- перевірити наявність Physics Lab AR або Electricity AR у смартфонах учнів перед уроком;

- якщо пристроїв мало – організувати роботу у парах або створити 1–2 AR-станції;

- для зручності варто розмістити паперові маркування «AR-зона», «Робоча зона» тощо;

- у Kahoot можна додати скріншоти з AR як візуальні запитання;

- заохочувати учнів пов'язувати фізичні знання з реальними прикладами (побутова техніка, електроніка, енергозбереження).

3. Модель уроку фізики для 7 класу на тему «Сонячна система. Рух планет навколо Сонця». Модель змішаного навчання – «Перевернутий клас» з використанням AR.

Загальна інформація.

Клас: 7. Предмет: фізика (астрономічний розділ).

Тема: «Сонячна система. Рух планет навколо Сонця».

Модель навчання: «Перевернутий клас», з використанням AR.

Засоби: Смартфони/планшети з доступом до мережі Інтернет, AR-застосунок (ArSolarSystem), Google Forms (або робочі зошити).

Цілі уроку:

- когнітивні цілі (знання та розуміння): сформувати уявлення про будову Сонячної системи та рух планет навколо Сонця; ознайомити учнів із відмінностями між планетами-гігантами та планетами земної групи; пояснити зв'язок між відстанню від Сонця та тривалістю року на планеті;

- практичні цілі (уміння та навички): навчитися використовувати AR-застосунки для вивчення орбіт планет; сформувати уявлення про характерні особливості планет Сонячної системи (розміри, періоди обертання); навчитись застосовувати знання для пояснення явищ у природі (зміна пір року, тривалість доби);

- метапредметні цілі (Soft Skills): розвивати просторову уяву через взаємодію з 3D-моделями планет; формувати навички роботи в групах і обговорення результатів; розвивати навички групової взаємодії під час виконання проєктних завдань у класі (робота з AR-моделями у групах); удосконалювати критичне мислення (порівняння характеристик планет, робота з даними);

- технологічні цілі (AR та змішане навчання): формувати вміння працювати з AR-застосунками для візуалізації космічних об'єктів; розвивати інформаційно-цифрову компетентність; розвивати вміння поєднувати традиційні джерела знань (підручник) з цифровими (AR-застосунки).

Етапи уроку (за моделлю «перевернутий клас»):

1) До уроку (домашня підготовка – самостійне засвоєння базового матеріалу) – 30-40 хв.

Діяльність	Засіб
Перегляд навчального відео (10 хв)	YouTube: «Будова Сонячної системи»
Завантаження AR-застосунків	Смартфон / планшет та AR-застосунок ArSolarSystem
Ознайомлення з 3D-моделлю Сонячної системи: перегляд орбіт, розмірів планет, зміна масштабу	Смартфон / планшет та AR-застосунок ArSolarSystem
Записи у зошит: короткі характеристики планет (назва, розмір, відстань від Сонця, період обертання).	Паперовий/електронний зошит

2) На уроці (45 хв).

Етап	Тривалість	Форми роботи	Опис
Актуалізація знань	5 хв	Фронтальна	Опитування: «Що вдалося дізнатися вдома?», обговорення вражень від AR
Групова AR-практика	20 хв	Робота в групах (3–4 учні)	Учні досліджують моделі у ArSolarSystem: визначають відстань планет від Сонця, порівнюють їхні розміри, тривалість року; готують коротку міні-презентацію
Презентація результатів	10 хв	Презентації груп	Кожна група демонструє у AR обрану планету та представляє її характеристику
Експрес-контроль	5 хв	Індивідуально	Тест у Google Forms (або в зошитах): «Яка планета має найбільший рік?», «Яка найближча планета до Сонця?» тощо.
Рефлексія	5 хв	Письмова / усна	Коротка відповідь: «Що було найцікавішим / найскладнішим?»; «AR мені допоміг зрозуміти, що...»; «Мені було найцікавіше, коли...» тощо.

Домашнє завдання.

Варіанти завдань (практичні, творчі):

- створити коротку інфографіку «Порівняння Землі та іншої планети»;
- зробити скріншот з ArSolarSystem обраної планети й підписати її основні характеристики;
- написати міні-есе: «Чому життя можливе лише на Землі?»

Оцінювання результатів

Види роботи	Критерії оцінювання
Самостійне навчання	Наявність записів у зошиті
Робота в групі (на уроці)	Співпраця, точність інформації
Участь у презентації	Чіткість пояснень, візуалізація
Виконання експрес-контролю	Точність відповідей
Домашнє завдання	Якість та повнота виконання

Методичні поради:

- модель «Перевернутий клас» ефективно працює лише за умови, що домашня підготовка учнів обов'язкова. Доцільно передбачити оцінку, певний бонус за виконання попереднього етапу;
- обов'язково перевірити наявність застосунків у смартфонах/планшетах учнів;
- попередньо підготувати QR-коди для завантаження ArSolarSystem;
- приділити увагу роботі в групах – це сприятиме обміну знаннями;
- заохочувати учнів робити власні AR-скріншоти чи відео для презентацій.

4. Модель уроку фізики для 9 класу на тему «Будова атома. Електрони і ядро». Модель змішаного навчання – ротаційна, з використанням AR.

Загальна інформація.

Клас: 9 . Предмет: фізика.

Тема: «Будова атома. Електрони і ядро».

Модель навчання: ротаційна, з використанням AR.

Засоби: Смартфони/планшети з доступом до мережі Інтернет, AR-застосунок (Arloopa – моделі атомів і субатомних частинок), Kahoot.

Цілі уроку:

- когнітивні цілі (знання та розуміння): сформувати уявлення про будову атома (ядро, електрони, протони, нейтрони); пояснити основні моделі атома (планетарна модель, сучасна модель електронних оболонок); сформувати уявлення про роль електронів у хімічних і фізичних процесах;
- практичні цілі (уміння та навички): навчити працювати з AR-моделями для візуалізації мікросвіту; навчити визначати відмінності між різними моделями атома;
- метапредметні цілі (Soft Skills):
розвивати просторову уяву та критичне мислення; формувати навички командної роботи й аргументації власної думки; удосконалювати навички презентації результатів дослідження;

- технологічні цілі (AR та ротаційна модель): навчити використовувати AR для моделювання мікрооб'єктів, недоступних безпосередньому спостереженню; підвищувати інформаційно-цифрову компетентність; інтегрувати цифрові технології з класичними навчальними методами.

Ротаційна модель на уроці (чотири зони).

Ротація: кожна група з 5–6 учнів проходить усі зони по черзі протягом уроку (4×10 хв. + 5 хв. на підсумок).

Зони	Назва зони	Види роботи	Тривалість
1. Теоретична (з учителем)	Обговорення основ	Учитель пояснює історичні моделі атома (Дальтона, Томсона, Резерфорда, Бора) та сучасне уявлення: електронні оболонки.	10 хв
2. AR-зона (цифрова)	Взаємодія з 3D-моделями атомів	Учні працюють з <i>Arloopa</i> . Переглядають 3D-модель атома, ідентифікують ядро та електрони, порівнюють атоми водню, кисню, урану. Роблять скріншоти й нотатки.	10 хв
3. Робоча зона (практика)	Розв'язання задач у зошиті	Учні індивідуально/у парах виконують вправи: «Скільки електронів має атом вуглецю?», «Обчисліть заряд ядра атома алюмінію».	10 хв
4. Інтерактивна зона (гра)	Гра, вікторина Kahoot	Kahoot або картки із запитаннями: «Хто відкрив ядро атома?», «Що входить до складу ядра?», «Яка модель атома називається планетарною?». тощо.	10 хв

Підсумок та рефлексія (до 5 хв.). Вчитель підсумовує ключові ідеї з кожної зони. Обговорення: «Яка зона була найцікавішою?», «Як AR допоміг зрозуміти будову атома?».

Домашнє завдання.

Варіанти завдань (практичне, творче):

- створити схему або постер «Будова атома»;
- зробити скріншот із *Arloopa* обраного атома та підписати його складники;

- написати міні-есе «Чому знання про будову атома змінило науку й техніку?».

Оцінювання результатів

Види роботи	Критерії оцінювання
Участь у кожній зоні	Активність, точність відповідей, правильність виконання завдань
Використання AR-застосунку	Чіткість пояснень, візуалізація результатів
Виконання вікторини	Точність відповідей
Домашнє завдання	Повнота, якість виконання, креативність

Методичні поради:

- перевірити наявність Arloora у смартфонах/планшетах учнів;
- якщо пристроїв бракує – організувати роботу у парах або створити 1–2 AR-станції;
- для зручності варто розмістити паперові маркування «AR-зона», «Робоча зона» тощо;
- під час вікторини Kahoot можна використати ілюстрації AR-моделей як візуальні запитання;
- заохочувати творчі підходи до домашніх завдань (моделі, плакати, міні-відео, AR-скріншоти тощо).

Висновки з даного дослідження. У ході дослідження обґрунтовано актуальність використання технології доповненої реальності (AR) у навчанні фізики для базової та профільної школи в умовах змішаного навчання. Здійснений аналіз наукових джерел засвідчив, що попри значний прогрес у напрямі цифровізації освіти, проблема системного впровадження AR у викладання фізики залишається недостатньо дослідженою. Представлені в роботі чотири авторські моделі уроків (для 7–11 класів) демонструють дидактичний потенціал AR-технологій як інструмента підвищення пізнавальної мотивації, розвитку інформаційно-цифрової компетентності та формування практико-орієнтованих умінь учнів. Запропоновані сценарії доводять можливість інтеграції AR у різні моделі змішаного навчання («перевернутий клас», ротаційна модель), що сприяє поєднанню традиційних методів із

цифровими інноваціями та забезпечує більш глибоке засвоєння навчального матеріалу.

Перспективи подальших розвідок. Подальші розвідки доцільно зосередити на розробленні методичних рекомендацій для вчителів щодо використання AR у змішаному навчанні; створенні системи оцінювання результатів навчання учнів із використанням імерсивних технологій.

Список використаних джерел

1. Богачков Ю. М., Ухань П. С. Модель освітнього хабу змішаного навчання в ЗЗСО. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. 2024. (216). С. 106–112. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-216-106-112>.
2. Буров О. Ю. та ін. Аналітичні матеріали з питань використання імерсивних технологій у закладах загальної середньої освіти. Київ : ІЦО НАПН України, 2024. 60 с. <https://www.doi.org/10.33407/lib.NAES.id/eprint/743838>.
3. Литвинова С. Г. та ін. Використання імерсивних технологій вчителями у процесі змішаного навчання в закладах загальної середньої освіти. Київ : ІЦО НАПН України, 2024. 121 с. <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/743977>.
4. Литвинова С. Г. та ін. Імерсивні технології в освітньому процесі: бібліографічний покажчик праць науковців Інституту цифровізації освіти НАПН України. Київ: ІЦО НАПН України, 2024. 60 с. <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/744329/>.
5. Литвинова С. Г. Використання сервісу доповненої реальності Vlrpbuider учителями природничо-математичних предметів в освітній практиці. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Педагогіка. Соціальна робота»*. 2023. № 1 (52). С. 98–106. <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2023.52.98-105>.
6. Носенко Ю.Г. Використання засобів доповненої реальності (AR) для організації викладання іноземних мов. *Вісник кафедри ЮНЕСКО «Неперервна професійна освіта XXI століття»*. 2024. № 2 (10). С. 137–151. [https://doi.org/10.35387/ucj.2\(10\).2024.0011](https://doi.org/10.35387/ucj.2(10).2024.0011).

7. Рашевська Н. В. Імерсивні технології навчання природничих дисциплін учнів старших класів закладів середньої освіти. *Наукові записки. Серія «Педагогічні науки»*. 2024. № 1 (213). С. 223–228. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-213-222-228>.
8. Слободяник О. В. Використання сервісів імерсивних технологій на уроках математики за умов змішаного навчання. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна*. 2024. № 30. С. 96–100. <https://doi.org/10.32626/2307-4507.2024-30.96-100>.
9. Соколюк О. М. Імерсивні технології і засоби навчання для проведення шкільного навчального експерименту в умовах змішаного навчання. *Інноваційна педагогіка*. 2024. № 77. С. 282–288. <http://innovpedagogy.od.ua/archives/2024/77/58.pdf>.
10. Сyxix A. C. The Potential of Virtual and Augmented Reality to Improve Blended Learning in General Secondary Education. *Нова педагогічна думка*. 2024. № 4 (120). С. 38–42. <https://doi.org/10.37026/2520-6427-2024-120-4-38-42>.
11. Burov O., Pinchuk O. Extended Reality in Digital Learning: Influence, Opportunities and Risks' Mitigation. *Person-oriented Approach (3L-Person 2021) co-located with 17th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications: Integration, Harmonization, and Knowledge Transfer (ICTERI 2021)*. 2022. pp. 119–128. <http://ceur-ws.org/Vol-3104/paper187.pdf>.
12. Dhapte A. Immersive Technology in Education Sector Market. 2024. <https://www.marketresearchfuture.com/reports/immersive-technology-in-education-sector-market-12134>.
13. ISO/IEC TR 23844:2023(en). Information technology for learning, education, and training – Immersive content and technology (2023). <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso-iec:tr:23844:ed-1:v1:en>.

References

1. Bohachkov, Yu.M., & Ukhan, P.S. (2024). Model osvitho khabu

zmishanoho navchannia v ZZSO [Blended Learning Educational Hub Model in general school]. *Naukovi zapysky. Serii: Pedagogichni nauky* [Scientific notes. Series: Pedagogical sciences], (216), 106–112. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-216-106-112>. [in Ukrainian].

2. Burov, O.Yu., et al. (2024). *Analitychni materialy z pytan vykorystannia imersyynykh tekhnolohii u zakladakh zahalnoi serednoi osvity* [Analytical materials on the use of immersive technologies in secondary education institutions]. Kyiv: IDE NAES of Ukraine. <https://www.doi.org/10.33407/lib.NAES.id/eprint/743838> [in Ukrainian].

3. Lytvynova, S.H., et al. (2024). *Vykorystannia imersyynykh tekhnolohii vchyteliamy u protsesi zmishanoho navchannia v zakladakh zahalnoi serednoi osvity* [The use of immersive technologies by teachers in the process of blended learning in secondary education institutions]. Kyiv: IDE NAES of Ukraine. <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/743977> [in Ukrainian].

4. Lytvynova, S.H., et al. (2024). *Imersyvni tekhnolohii v osvitnomu protsesi: bibliohrafichni pokazhchyk prats naukovtsiv Instytutu tsyfrovizatsii osvity NAPN Ukrainy* [Immersive technologies in the educational process: bibliographic index of works by scientists of the Institute for Digitalization of Education of the National Academy of Sciences of Ukraine]. Kyiv: IDE NAES of Ukraine. <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/744329/> [in Ukrainian].

5. Lytvynova, S.H. (2023). *Vykorystannia servisu dopovnenoï realnosti Blippbuidar uchyteliamy pryrodnycho-matematychnykh predmetiv v osvitnii praktytsi* [Use of the Blippbuidar augmented reality service by science and mathematics teachers in educational practice]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriiia «Pedagogika. Sotsialna robota»* [Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series “Pedagogy. Social Work”], № 1 (52), 98–106. <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2023.52.98-105> [in Ukrainian].

6. Nosenko, Yu.H. (2024). *Vykorystannia zasobiv dopovnenoï realnosti (AR) dlia orhanizatsii vykladannia inozemnykh mov* [Using augmented reality (AR) tools to organize foreign language teaching]. *Visnyk kafedry YUNESKO «Neperervna*

profesiina osvita KhKhI stolittia» [Bulletin of the UNESCO Department “Continuing Professional Education of the 21st Century”], № 2 (10), 137–151. [https://doi.org/10.35387/ucj.2\(10\).2024.0011](https://doi.org/10.35387/ucj.2(10).2024.0011) [in Ukrainian].

7. Rashevskaya, N.V. (2024). Imersyivni tekhnolohii navchannia pryrodnychikh dystsyplin uchniv starshykh klasiv zakladiv serednoi osvity [Immersive technologies for teaching natural sciences to senior secondary school students]. *Naukovi zapysky. Seriiia «Pedahohichni nauky» [Scientific notes. Series “Pedagogical Sciences”]*, № 1 (213), 223–228. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2024-1-213-222-228> [in Ukrainian].

8. Slobodianiuk, O.V. (2024). Vykorystannia servisiv imersyivnykh tekhnolohii na urokakh matematyky za umov zmishanoho navchannia [Using immersive technology services in mathematics lessons in blended learning environments]. *Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohienka. Seriiia pedahohichna [Collection of scientific papers of the Ivan Ohienko Kamianets-Podilskyi National University. Pedagogical series]*, № 30, 96–100. <https://doi.org/10.32626/2307-4507.2024-30.96-100> [in Ukrainian].

9. Sokoliuk, O. M. (2024). Imersyivni tekhnolohii i zasoby navchannia dlia provedennia shkilnoho navchalnoho eksperymentu v umovakh zmishanoho navchannia [Immersive technologies and learning tools for conducting a school educational experiment in a blended learning environment]. *Innovatsiina pedahohika [Innovative pedagogy]*, № 77, 282–288. <http://innovpedagogy.od.ua/archives/2024/77/58.pdf> [in Ukrainian].

10. Sukhikh, A.S. (2024). The Potential of Virtual and Augmented Reality to Improve Blended Learning in General Secondary Education. *Nova pedahohichna dumka [New pedagogical thought]*, № 4 (120), 38–42. <https://doi.org/10.37026/2520-6427-2024-120-4-38-42> [in English].

11. Dhapte A. Immersive Technology in Education Sector Market. 2024. <https://www.marketresearchfuture.com/reports/immersive-technology-in-education-sector-market-12134> [in English].

12. Burov O., & Pinchuk O. (2022). Extended Reality in Digital Learning: Influence, Opportunities and Risks' Mitigation. *Person-oriented Approach (3L-Person 2021) co-located with 17th International Conference on ICT in Education, Research, and Industrial Applications: Integration, Harmonization, and Knowledge Transfer (ICTERI 2021)*, 119–128. <http://ceur-ws.org/Vol-3104/paper187.pdf> [in English].
13. ISO/IEC TR 23844:2023(en) (2023). Information technology for learning, education, and training – Immersive content and technology. <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso-iec:tr:23844:ed-1:v1:en> [in English].