

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних наук,
управління та адміністрування
Кафедра інформаційних технологій

Кваліфікаційна робота бакалавра
на тему: Розробка програмних інструментів для використання доповненої
реальності в навчальному процесі

Виконав студент групи К-18
спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»
Довранов Ахмат

Керівник к.т.н., доцент
Терещенко Тетяна Михайлівна

Консультант _____

Рецензент к.т.н., доцент
Гнатовська Г.А.

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	5
ВСТУП	6
1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	8
1.1. Використання доповненої реальності в процесі навчання	8
1.2. Приклади використання доповненої реальності в навчальному процесі.	13
2. ІНСТРУМЕНТИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ AR.....	19
2.1. Навчальні книги з доповненою реальністю	19
2.2. Ігри з доповненою реальністю.....	20
2.3. Використання AR-технології в «процесі відкриття»	23
2.4. Моделювання об'єктів.....	25
3. ВИБІР ПРОГРАМНИХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ РОЗРОБКИ.....	27
4. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ	33
4.1. Інструмент AR-технології для вивчення природничих наук.....	33
4.2. Програмні моделі для вивчення хімії.....	39
ВИСНОВКИ.....	48
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	50

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

AR – доповнена реальність.

IoT – інтернет речей

VR – віртуальна реальність.

PK – педагогічні знання.

TK – технічні знання.

DB – Digilog Books.

MO – молекулярні орбіталі.

AO – атомні орбіталі.

ІКТ – інформаційно-комунікаційні технології.

ПЗ – програмне забезпечення.

ВСТУП

Швидкий технологічний розвиток та пандемія змінили сферу освіти, що обумовлює підвищення якості навчання та викладання. Доповнена реальність (AR) стає все більш популярною за рахунок здатності допомагати викладачам створити захоплюючий та творчий метод навчання. Поширення використання технології викликало інтерес вивчення її ефективності та вдосконалення методів розробки програмних інструментів навчання. Спостерігається збільшення кількості викладачів, які використовують доповнену реальність як інструмент підвищення кваліфікації та забезпечення якості навчання.

Крім того, інтеграція технологій перетворила навчальну середу в більш привабливу інтерактивну та аутентичну. Такі технології, як мультимедіа, Інтернет, мобільні пристрої, Інтернет речей (IoT), віртуальна реальність та додаткова реальність, все більше використовуються в навчальному процесі, що позитивно впливає на якість навчання та мотивацію.

Реальні об'єкти є невід'ємною частиною доповненої реальності, але віртуальний дизайн деяких із цих середовищ також має значення. Ця технологія не вимагає детальних 3D-моделей, тому що лише доповнює представлення реальності. Саме це дозволяє користувачам безпосередньо та спонтанно взаємодіяти з віртуальними об'єктами через маніпулювання реальними об'єктами без використання дорогих та складних апаратних компонентів. У порівнянні з віртуальною реальністю користувачі AR можуть мати прямий контакт з об'єктом. Потенціал AR як інструмента удосконалення навчання дуже великий.

Технологія AR дозволяє користувачам відчувати візуалізацію віртуальних об'єктів, які співіснують у реальному світі. Це робить її відповідним інтерактивним інструментом залучення уваги учнів у процесі навчання. Пропозиція щодо навчання за допомогою доповненої реальності демонструє підвищення якості процесу навчання та рекомендується для включення до

навчальних матеріалів. Позитивно впливає на мотивацію слухачів до самостійного навчання.

Метою роботи є розробка програмних інструментів для використання доповненої реальності в навчальному процесі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Визначити напрямки використання доповненої реальності в навчальному процесі.

2. Проаналізувати існуючі програмні інструменти доповненої реальності, особливу увагу приділити тим, що використовуються для навчального процесу природничих наук.

3. Проаналізувати методи та напрямки використання доповненої реальності в процесах навчання.

4. Провести огляд існуючих бібліотек з моделями та визначити можливість їхнього використання для викладання природничих наук в університеті.

5. Розробити програмні інструменти для використання доповненої реальності в навчальному процесі.

1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1. Використання доповненої реальності в процесі навчання

Однією із сучасних парадигм вищої освіти є адаптація освітніх ресурсів до так званої «цифрової» аудиторії, яка, здебільшого, виросла серед цифрових технологій. Студенти, які вступають до вищих навчальних закладів сьогодні, вимагають високого стандарту освіти, який включає в себе цифровий світ, в якому вони живуть. Іноді спостерігається прагнення до впровадження цифрових технологій у всі процеси, які протікають у вищому навчальному закладі. Крім того, розвиток науки взагалі є однією з таких областей, де ця вимога до набору цифрових навичок є необхідністю, оскільки більшість поточних досліджень пов'язані і залежать від цифрових даних.

Віртуальна та доповнена реальності (VR та AR відповідно) забезпечують імерсійний та візуальний досвід для користувача. У VR це буде відбуватися за рахунок використання головного пристрою – дисплея, який є або автономним пристроєм, або прив'язаним пристроєм до комп'ютера, що управляє апаратним забезпеченням візуалізації. VR може також реалізовуватися з використанням технології смартфона та гарнітури, як засобу перегляду, який дозволяє відображати VR-зображення на екран смартфона. При використанні прив'язаної або автономної віртуальної реальності виникає потреба у високопродуктивному комп'ютерному обладнанні для запуску програмного забезпечення, але для смартфона використання VR зменшує потребу в прискореному апаратному забезпеченні, та вартість гарнітури для смартфона також відносно невисока або може бути створена користувачем (наприклад, Google Cardboard).

AR відрізняється від VR тим, що дозволяє користувачеві накладати цифровий контент на реальне середовище та взаємодіяти з цим контентом (рис 1). Це пропонує деякі відмінні переваги перед віртуальною реальністю, оскільки вона дозволяє використовувати загальний для груп, а не для одного

користувача досвід. А також надає користувачам можливість змішувати стилі навчання, коли AR поєднується з більш традиційними формами навчальних матеріалів, такі як тексти або слайди лекцій. Цей змішаний підхід може забезпечити потужний інструмент, який задовольняє багатьом потребам учнів та надає більше можливостей для залучення предметів життя до навчання так, як раніше було неможливо.

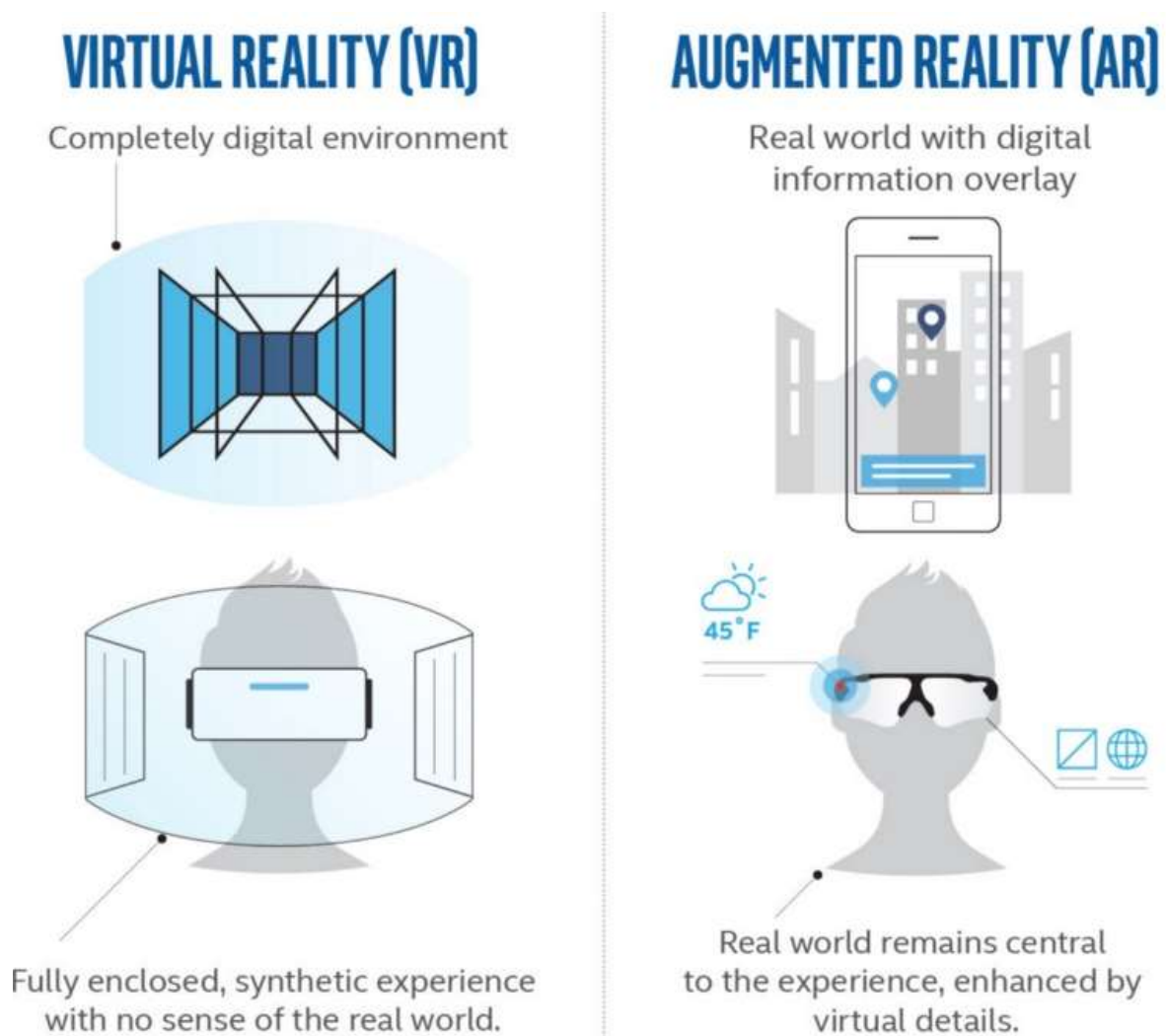


Рисунок 1 – Технологічна структура змісту знань

В освітньому контексті віртуальна реальність пропонує кілька відмінних переваг перед стандартною практикою навчання в тому, що вона може дозволити учням моделювати сценарії, такі як хірургічне навчання студентів-

медиків [1], або дозволити студентам зрозуміти абстрактні поняття, які не видно, як структура білка та функція [2]. AR також пропонує переваги, оскільки дозволяє використання змішаних методів навчання. Для студентів використовується традиційне навчання за письмовими матеріалами у поєднанні з візуалізацією процесів або надання можливості взаємодії між реальними об'єктами та цифровими візуалізаціями.

У багатьох освітніх установах, де бюджет часто обмежений, використання технології смартфонів для надання досвіду віртуальної чи доповненої реальності стає більш привабливим. Це також пов'язано з тим, що дедалі більше студентів мають власні пристрої, які здатні забезпечити високу якість цифрового досвіду. Більше того, студенти мають потребу у багатьох вищих навчальних закладах використовувати їхні власні пристрої для запису відвідуваності, взаємодії з класами через системи онлайн-голосування та інші цифрові ресурси, такі як розклад та віртуальне навчальне середовище. Це означає, що існує реальна можливість розробити високоякісні заняття, в яких використовується принцип «принеси свої власний пристрій». Це також створює проблеми оскільки студентські смартфони мають різні операційні системи, технічні характеристики обладнання та графічні можливості.

З'являється дедалі більше доказів, що цифрова візуалізація допомагає студентам і учням краще розуміти абстрактні поняття, які можна переглянути через призму технологічного педагогічного змісту структури знань (рис. 1) [3].

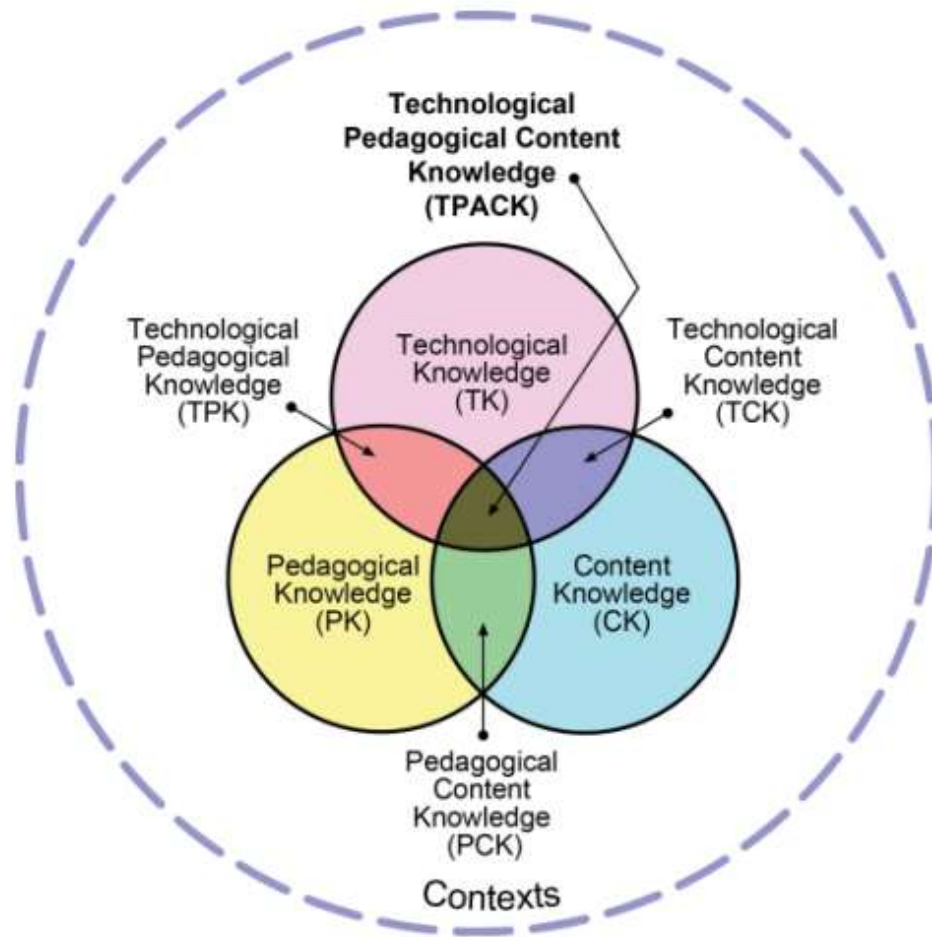


Рисунок 1 – Технологічна структура змісту знань

Ця структура підкреслює важливість взаємодії між технологіями, знаннями дисципліни та практикою викладання для надання сучасної та актуальної програми навчання, особливо у природничих науках, де цифрові технології мають вирішальне значення практично у всіх галузях досліджень. У вищій освіті вважається, що предметно-специфічні знання та досвід надаються академічними викладачами поряд із ефективними методами навчання. AR пропонує можливість без зміни традиційних навчальних програм змішувати процес навчання із цифровими візуалізаціями.

Здатність розуміти тривимірні структури має вирішальне значення практично для всіх дисциплін природничих наук, наприклад, для медицини – від загального анатомічного рівні до субклітинного та молекулярного рівнів.

Цей набір навичок можна описати як «3D-грамотність», яка відіграє ключову роль у повному розумінні концепцій, які лежать в основі біологічних процесів та функцій. Традиційні методи навчання природничих наук часто мають дидактичний характер. В анатомії та медичних дисциплінах використовують фізичні зразки, а там, де це неможливо, викладання спирається на фізичні моделі, щоб виділити структурно-функціональні зв'язки у людському тілі. У молекулярних дисциплінах фізичні моделі часто використовуються для пояснення процесів. Використання моделей у парі з деякою функціональністю може добре навчати молекулярним поняттям.

На сучасному етапі розвитку технологій з'явилася можливість створювати моделі за допомогою 3D-друку. Переваги цієї технології в тому, що викладач може створювати моделі практично будь-якого виду, що допомагає в навчанні, але має недоліки тому що це може зайняти багато часу і технічно складно. Наприклад, створити певні структури (дуже тонкі або нависаючі конструкції) неможливо через обмеження в процесі 3D-друку. При цьому існує безліч прикладів, які використовують 3D-друк, а також традиційні моделі у навчанні природничим наукам. Всі наведені вище навчальні приклади мають кілька недоліків, будь то витрати часу на створення моделей, відсутність функціональності чи руху у моделях або що ці моделі не дозволяють масово використовувати у великих аудиторіях через обмежену кількість доступних моделей.

AR має можливість вирішити деякі проблеми з традиційними формами структурно-функціонального навчання. AR має наступні можливості: керувати ігровим сюжетом та побачити те, що не видно. Існує багато областей, де AR була реалізована з різним ступенем успіху, але найбільш перспективне – використання предметів в тривимірному просторі для повного розуміння структури предмету. Тому ця технологія найбільш успішно застосовується в таких дисциплінах, як анатомія, де важливо, щоб студенти розуміли просторове розташування тканин та органів, тому що трупний матеріал не завжди доступний. Доповнена реальність також використовувався у більш

абстрактних предметах, таких як біологія, де учні розуміють молекулярні і субклітинні процеси набагато краще, якщо вони можуть оцінити структуру молекул.

1.2. Приклади використання доповненої реальності в навчальному процесі

Сучасні дослідження ефективності використання технології AR довели, що її застосування приводить до вдосконалення навчального процесу. Попередньо ця технологія продемонструвала свої здібності в інших сферах, наприклад, надання послуг на місці, зменшення інформаційного розриву про реальний світ і підвищення ефективності та продуктивності виробництва в процесі розробки нових видів продукції. Крім цього вона дозволяє покращити систему освіти для учнів, студентів і співробітників в академічних і корпоративних умовах, а також забезпечити захоплююче та орієнтоване на студента навчання для студентів-медиків. Технологія AR дозволяє слухачу розвивати командний дух для отримання знань в процесі командної роботи над практичними завданнями.

Недоліком використання цієї технології є вартість реалізації AR, яка досить висока, особливо якщо вона інтегрована в освітній сектор. Тим не менш, цей недолік можливо усунути завдяки інтеграції цифрових технологій та особистих пристроїв учнів, наприклад, смартфонів. Навчальна цінність технології полягає в її використанні в навчальному середовищі, що робить його більш привабливим і приємним для студентів, з часом підвищує їхній інтерес та мотивацію до навчання. Різницю між використанням AR та іншими педагогічними інструментами полягає в тому, що учні краще вивчають і розуміють концепції, коли використовується AR і вона реалізована як засіб доставки знань від викладача до слухача. Технологія AR допомагає освітянам більш ефективно з точки зору фізичного, когнітивного та контекстуального

поглядів, донести знання, що дозволяє студентам досягнути абстрактні поняття. Основні переваги технології доповненої реальності в освіті полягають у набутті практичних навичок, просторових здібностей та концептуального розуміння. Технологія AR допомагає зменшити непомірні витрати на викладацькі ресурси, такі як лабораторне обладнання та забезпечити вивчення потенційних можливостей небезпечного середовища, наприклад атомного реактора (рис. 2) [4].

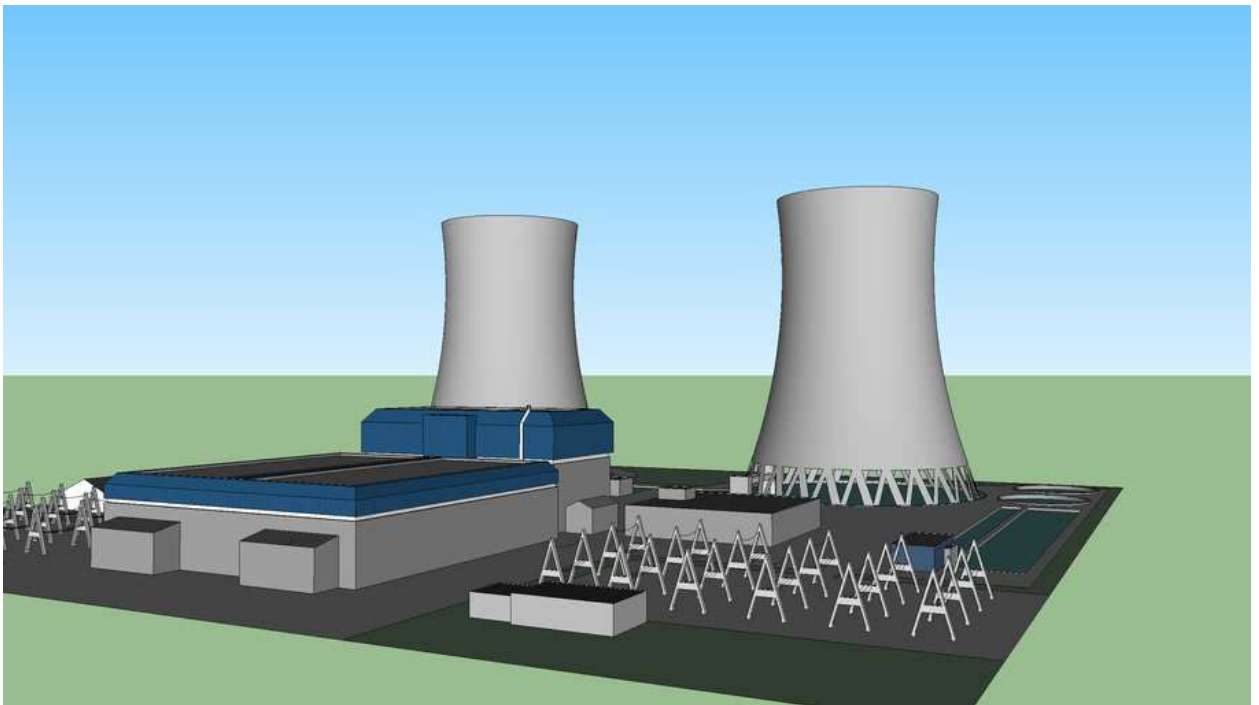


Рисунок 2 – Тривимірна модель атомної станції

Слід зауважити, що потенційні переваги доповненої реальності та її можливі технології, які реалізовані в навчанні, позитивно впливають на освітню сферу та підвищують педагогічну компетентність викладачів. AR-технологія здатна перетворити нудні та одноманітні навчальні інструкції в захоплюючі та моделюючі довкілля, що зрештою покращує знання студентів. При цьому, слід відзначити, що зацікавлені сторони – класні керівники, директор, вчителі ІКТ та батьки – демонструють позитивну реакцію на новітнє

використання технологій у викладанні та навчанні. Наприклад, на рис. 3 представлена модель куба з можливістю розкладання його на площині і визначення площі поверхні. Такі моделі дають змогу викладачу простіше пояснити тему, а студенту або учню легше засвоїти навчальний матеріал. При цьому, такі ж моделі можуть використовувати і батьки вдома в процесі самостійного вивчення окремих тем.



Рисунок 3 – Модель куба

Пандемія створила нові умови для освіти в Україні і в світі. Викладання в віртуальному середовищі внаслідок стало причиною впровадження нових інструментів візуалізації. Особливо це стосується викладання природничих наук як в закладах середньої освіти, так і в університетах. Мова йде на самперед про такі дисципліни, як хімія, фізика, астрономія та інші. Наприклад, в хімії, такі інструменти демонструють акт фізичного маніпулювання молекулярними моделями, що має вирішальне значення для розуміння просторових відносин. З цією метою такі моделі, програми та інструменти доповненої реальності все частіше впроваджуються як навчальні інструменти у викладанні природничих наук. Набори моделей дозволяють учням та студентам створювати моделі, наприклад, молекул, фізично. Доповнена реальність пропонує оптимальний баланс між невловимими зображеннями, які створює комп'ютер, та тактильною природою наборів моделей (рис. 4) [5].

Поєднання тактильного навчання з візуалізацією складної геометрії досягається цілісне уявлення про природні процеси.

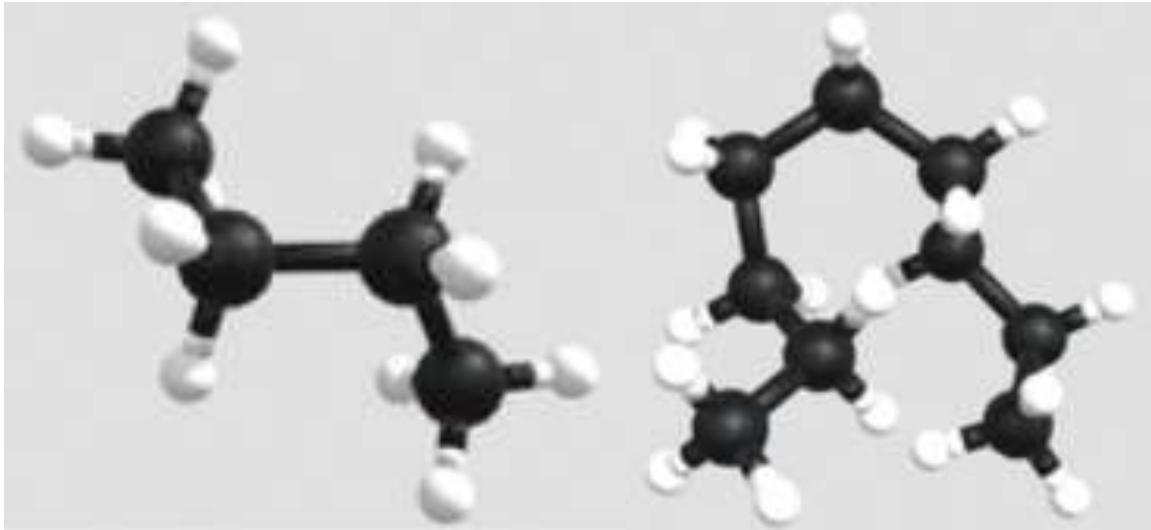


Рисунок 4 – Тривимірні моделі молекул

На жаль, інструменти для викладання природничих наук (таких як, хімія та фізика) часто мають круту криву навчання, можуть не мати сумісності з операційними системами та пристроями та можуть вимагати технічних можливостей, яких немає у багатьох студентів. Щоб вирішити ці проблеми, потрібен загальнодоступний інструмент для маніпулювання 3D-об'єктами, який може бути реалізований як у віртуальному середовищі навчання, так і у фізичному класі середніх шкіл та університетів, де більшість студентів (> 80% для середньої школи та > 90% студентів університету) мають доступ до смартфонів [6, 7].

З метою вирішення таких проблем створюють спеціальні бібліотеки інтерактивних 3D-моделей та завантажують їх на безкоштовні ресурси. Як правило, такі бібліотеки містять 3D-моделі та анімації з інтерактивними елементами, які дозволяють глядачеві панорамувати, масштабувати, обертати та відтворювати вміст 3D-об'єкта або фільму. Також вони дозволяють легко завантажувати та розповсюджувати ці 3D-моделі та анімацію між

операційними системами або пристроями, що дає змогу масово поширювати серед учнів та студентів без проблем із сумісністю. Крім того, у процесі завантаження таких бібліотек всі моделі автоматично перетворюються на форму, яку можна переглядати в доповненій реальності через програми для смартфонів. Ця базова функція подібних бібліотек для доповненої реальності потенційно пропонує один із найпростіших засобів для створення та інтеграції моделей доповненої реальності у навчання. Інтеграція зі смартфоном дозволяє учням та студентам легко переглядати ці моделі на екрані в аудиторії, де комп'ютер може бути незручним. Також вони автоматично генерують вбудований код, що дозволяє вставляти моделі безпосередньо в онлайн-підручники та веб-сайти з відкритими освітніми ресурсами. Ця функція позбавляє учнів необхідності переходити на альтернативні веб-сторінки або програми для перегляду 3D-файлів.

Наприклад, в бібліотеці, яка представлена в роботі [5] докладно описані загальні теми хімії, такі як форми атомних орбіталей, молекулярний рух, хіральність та енантіомери, а також молекулярні орбіталі. В ній обмежено використання письмових дескрипторів, щоб оминати мовний бар'єр для іноземних студентів. Ці моделі в даний час знаходяться у вільному доступі в Інтернеті через веб-сайт Sketchfab, і на сьогоднішній день вони набрали більше 6400 переглядів учителями хімії та учнями. На рис. 5 представлені основні моделі, які включає така бібліотека.

Після створення 3D-файлів робиться анімація. Вона дозволяє використовувати наступні функції оформлення об'єктів: зміна кольору об'єкта, блиску, шорсткості, показника заломлення та непрозорості, а також уточнення освітлення, масштабування та композиція сцени. Всі анімації роблять для розташування, обертання або масштабування об'єкта протягом заданої кількості кадри. Такі файли можуть бути безпосередньо вставлені у будь-який файл Word або PowerPoint, що дозволяє демонстрацію в реальному часі, масштабування та анімацію всередині MS Office.

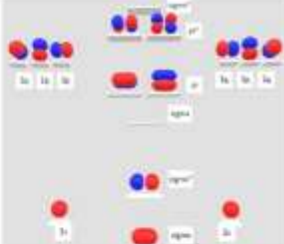

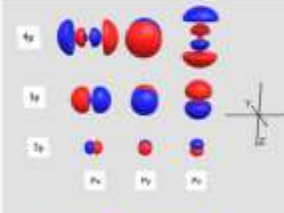
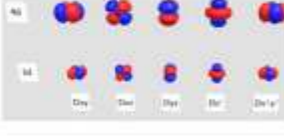
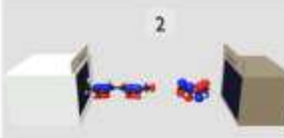
<p><i>Molecular Orbital Diagram from Atomic Orbitals</i></p> <p>https://skfb.ly/6V9Lu</p>	<p>A diagram showing how 2s and 2p orbitals on F₂ combine to give rise to its MO diagram.</p>	
<p><i>1s, 2s, and 3s, Orbitals</i></p> <p>https://skfb.ly/6UAYF</p>	<p>A model showing the relative sizes and nodes associated with the first three s-orbitals.</p>	
<p><i>2p, 3p, 4p Atomic Orbitals on Xe:</i></p> <p>https://skfb.ly/6WQnr</p>	<p>A model showing the relative sizes and nodes associated with the first three sets of p-orbitals.</p>	
<p><i>3d and 4d Atomic Orbitals on Xe</i></p> <p>https://skfb.ly/6UDVU</p>	<p>A model showing the relative sizes and nodes associated with the first two sets of d-orbitals.</p>	
<p><i>1,3-Butadiene Polymerization</i></p> <p>https://skfb.ly/6UznK</p>	<p>An animation showing the orbitals of 1,3-Butadiene and the changes they undergo during an addition polymerization.</p>	

Рисунок 5 – Тривимірні моделі бібліотеки Sketchfab

Засіб 3D-перегляду Sketchfab використовується для внесення будь-яких остаточних змін, наприклад, встановлення окремих матеріалів у моделі, що визначають зовнішній вигляд кожної сцени об'єкта. Ці зміни включають сцену освітлення, вихідне положення камери, орієнтація моделі та масштаб, встановлюють анімацію на автовідтворення під час завантаження.

2. ІНСТРУМЕНТИ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ AR

2.1. Навчальні книги з доповненою реальністю

Перший найрозповсюдженіший метод використання AR-технології це книги з доповненою реальністю. Такі книги з доповненою реальністю допомагають подолати розрив між цифровим та фізичним світом. Ця технологія має великий потенціал, щоб запропонувати студентам 3D-презентації та інтерактивні можливості. Наприклад, була розроблена AR-книга під назвою *The Future is Wild: The Living Book* у Німеччині. Вона має 42 вбудовані спеціальні функції AR, демонструє потенціал AR для заохочення читачів до використання таких книжок. Ще один приклад книги з доповненою реальністю (Digilog Books) був створений Інститутом науки та технологій Кванджу (GIST) у Південній Кореї. Вона може відображати 3D-персонажі з кожної сторінки, коли читачі одягають спеціальну пару окулярів. Система доповненої реальності працює у режимі реального часу зі швидкістю 30 кадрів в секунду та підтримує близько 300 сторінок без втрати продуктивності в реальному часі [8].

Крім того, AR-книги можна використовувати на початковому рівні вивчення дисциплін. Інститут просування викладання природничих наук та технологій у Таїланді розробив підручник з геології з тривимірною доповненою реальністю, який знайомить студентів із відкриттям земних верств, їхніми взаємозв'язками, відмінностями та функціями. Існує система інтерфейсу AR MagicBook, яка дозволяє створювати AR-контент для будь-якої звичайної книги, з анімованими та інтерактивними моделями з тексту або ілюстрацій. Студенти можуть використовувати книгу як основний інтерфейс, змінюючи перспективу або напрямок руху (рухаючи головою), або пересуваючи книгу. Використання 3D створює враження, що комп'ютерний контент прикріплений до сторінки книги.

Інший та не менш важливий спосіб використання доповненої реальності пов'язана з традиційною літературою. Наприклад, компанія Disney випустила книжки з використанням цієї технології (рис. 6).



Рисунок 6 – Використання AR-технології в традиційній літературі

Книги з доповненою реальністю відкривають мистецтво белетристики та викладення історій повністю з новим інтерфейсом, що потребує підвищеної уваги від «авторів» до різних питань. Потенціал книги з доповненою реальністю полягає в широкій аудиторії – від учнів до викладачів.

2.2. Ігри з доповненою реальністю

Часто викладачі використовують ігри, щоб допомогти учням легко засвоїти концепції теми викладання. За допомогою технології AR та ігор, які засновані на реальному світі та доповнені даними, надають викладачам потужні нові способи продемонструвати відносини та зв'язки. Ігри, що часто

використовують технологію маркерів і включають плоске ігрове поле або карту, яка стає 3D-настроюванням при перегляді на мобільному телефоні, пристрої або веб-камері. Така гра може легко використовуватися в різних дисциплінах, наприклад, археології, історії, антропології або географії. Інший підхід до ігор з доповненою реальністю дозволяє гравцям або гейм-майстрам створювати віртуальних людей та об'єкти, а потім щоб пов'язати ці конструкції з певними місцями, реальний світ. Гравці можуть взаємодіяти з цими цифровими істотами та об'єктами, які з'являються, коли гравець наближається до відповідного місця, яке пов'язане з розташуванням у реальному світі.

Ігри з доповненою реальністю надають викладачам можливість використовувати нові візуальні та високо інтерактивні форми навчання. Наприклад, SimSnails – це інтерактивна візуалізація та навчальний інструмент, який допомагає відвідувачам дізнатися про об'єкт та експериментувати з концепціями природного відбору та еволюції. Використовуючи технологію доповненої реальності, SimSnails використовує набір друкованих символів та відеокамеру для створення захоплюючого 3D-світу, який органічно співіснує із нашим власним сприйняттям реального світу [9].

Відеогра Alien Contact використовується в старших класах, щоб підвищити рівень навчання та залучення учнів. У команді учні грають різні ролі і використовують портативний пристрій, в якому є технологія GPS, компас та бездротовий інтернет-зв'язок. Ціль гри полягає в тому, щоб з'ясувати, чому інопланетяни прийшли на Землю і приземлилися. Студенти мають під керівництвом викладача сформулювати гіпотезу, зібрати докази та успішно вирішувати завдання, що потребує використання досвідчених математичних, природних та мовних навичок. Беручи участь у грі, студенти взаємодіють з цифровим моделюванням ігрових персонажів, цифровими предметами та їхньою групою учасників, щоб прокласти курс через гру задля досягнення кінцевої мети.

Але використання ігор в процесі навчання мають певні недоліки. Наприклад, Alien Contact має недоліки в освітньому середовищі, в основному

через апаратні та програмні проблеми. Процес розробки та впровадження таких ігор досить складний та потребує від розробників та викладачів певних навичок. Набір програмних інструментів доволі широкий, що вимагає спеціальних знань та вмінь. Наприклад, на рис. 7 наведена схема екосистеми процесу створення та використання ігор з доповненою реальністю [10].



Рисунок 7 – Екосистема ігор з доповненою реальністю

Викладачі повідомляють про проблеми з управлінням студентськими групами при вирішенні навчальних завдань та спробах дотримуватися плану заняття. Крім того, іноді студенти зазнають когнітивного навантаження, коли намагаються вивчити нові технології, а також відповісти на питання гри своєчасно. Деякі зі студентів, настільки зайняті своїми портативними екранами, що повністю втрачають зв'язок з фактичним оточенням. В той час як гра була призначена для утримання уваги студент не звертає уваги на навколишнє середовище, що становить загрозу його безпеці. Але незважаючи на ці проблеми, слід пам'ятати, що ігри з доповненою реальністю все ще перебувають у стані розвитку і можуть бути усунені та вирішені в процесі удосконалення ігор як навчальних інструментів. Дизайнери отримують більше досвіду і вирішують недоліки конструкції в інтерфейсі гри з доповненою

реальністю, що робить їх надзвичайно ефективним інструмент для підвищення інтересу та уваги студентів під час навчання різним навичкам.

2.3. Використання AR-технології в «процесі відкриття»

Наступне використання доповненої реальності пов'язано з процесом навчання в «процесі відкриття». Додатки доповненої реальності, які передають інформацію про реальний світ, відчиняють двері навчання на основі відкриття. В даний час багато історичних місць надають своїм відвідувачам накладені карти та різні точки історичної інформації. Однак у найближчому майбутньому AR принесе ще більше вражень в історичних місцях, про що свідчать різні проекти, що розвиваються. Наприклад, проект iTacitus AR, який фінансується ЄС дозволить відвідувачам переміщатися за місцем розташування, при цьому слухати та бачити історичну подію. Ще один інструмент доповненої реальності TAT Augmented ID. Додаток використовує технологію розпізнавання осіб для відображення певної, задалегідь схваленої інформації про людину, коли її переглядають через камеру мобільного пристрою. Третій інструмент SREngine використовує розпізнавання об'єктів AR для відображення інформації про предмети повсякденного побуту у реальному світі, що дозволяє легко порівнювати ціни під час здійснення покупок, а також визначати рослини та тварини. Wikitude та аналогічні мобільні програми можуть перетворити шкільні екскурсії, замінивши паперові листи з питаннями оперативним доступом до інформації за допомогою смартфона, коли він стикається з предметами. Wikitude може надати студентам актуальну інформацію про локації, концепції та сайти. Екскурсії можуть перетворитися на віртуальне полювання з конкретною інформацією або кодом, зібраним з різних місць.

Викладачі доручають учням спільні дослідні проекти та створюють контент, що відноситься до областей, подій та концепцій. Також зібрана та

скомпільована створена інформація може бути зроблена загальнодоступною, тому будь-хто, хто використовує сумісний мобільний додаток, може отримати доступ до інформації. В цьому відношенні студенти не тільки збирають знання але вони і залишають нові знання майбутніх відвідувачів.

Ще один додаток, LearnAR, використовує технологію доповненої реальності, щоб забезпечити дослідницьке, інтерактивне та незалежне навчання. Він відображає життя, накладаючи 3D зображення на певну форму маркера. LearnAR створив пакет з десяти навчальних ресурсів та навчальних заходів з різних предметів, таких як біологія, хімія, англійська мова, математика, фізика, іноземні мови та фізкультура, для вчителів та учнів, які можуть досліджувати світ за допомогою веб-камери (рис. 8).

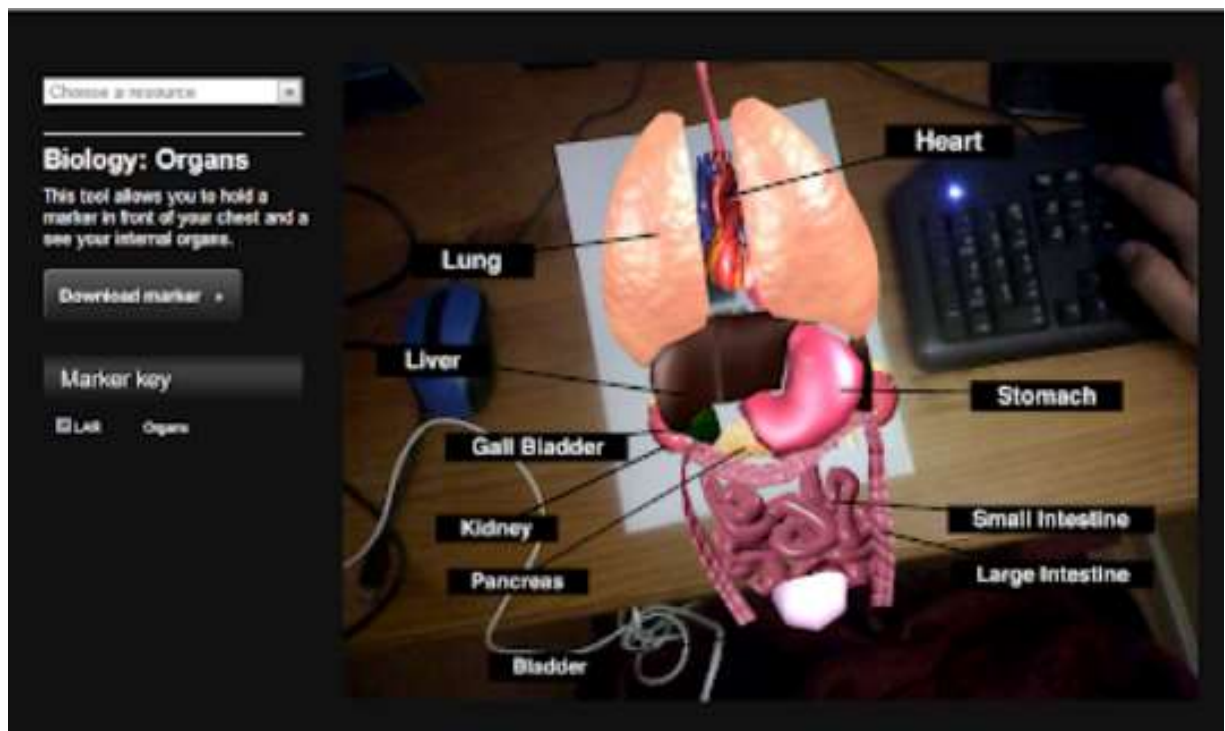


Рисунок 8 – Використання LearnAR для вивчення біології

Ці дії доповненої реальності дозволяють незалежно досліджувати сценарії (наприклад, хімічні реакції, вивчення тривимірних геометричних

фігур). LearnAR пропонує гнучке навчання, його можуть використовувати в класі вчителі та учні, або вдома учні, які вивчають дисципліни самостійно.

2.4. Моделювання об'єктів

Доповнену реальність також можна використовувати для моделювання об'єктів, що дозволяють учням уявити собі як цей елемент виглядатиме у різних умовах. Моделі можна швидко створювати, маніпулювати ними та обертати. Студенти отримують негайно візуальний зворотний зв'язок про їхні ідеї та проекти. Таким чином, щоб вони могли виявити невідповідності, які необхідно усунути. Дослідники в Лабораторія технологій людського інтерфейсу Кентерберійського університет у Новій Зеландії створили інструмент, який перекладає ескізи в 3D-об'єкти та використовує доповнену реальність, щоб дозволити студенту вивчати фізичні властивості та взаємодії між об'єктами. Просте керування, намальовані на аркушах паперу, що використовуються для зміни властивості намальованих об'єктів. У коледжі Маурісіо де Нассау у Бразилії, студенти вивчають можливості використання доповненої реальності для проектування масштабних моделей будівель, що скорочує час, необхідний для побудувати та подання архітектурної пропозиції.

Ще одна освітня функція, де AR використовується, це опанування та вдосконалення навичок. Доповнена реальність має великий потенціал для забезпечення потужного контекстуального досвіду навчання на місці та проведення випадкового дослідження. Окуляри доповненої реальності вже використовуються для навчання людей, особливо конкретним завданням, наприклад, механік з обладнання в армії, або технічне обслуговування літаків, таких компаній, як Боїнг. Окуляри доповненої реальності можуть відображати кожен крок у ремонті, визначати необхідні інструменти та включати текстові інструкції.

Аналогічна технологія навчання доповненої реальності використовується в процесі вивчення медичних дисциплін. Програма, розроблена Університетом Північної Кароліни в Чапел-Хілл для навчання лікарів та діагностів ультразвукових досліджень вагітних жінок. За ультразвуковою інформацією програма проектує внутрішню частину матки жінки на окуляри лікаря. У менш небезпечній, але також необхідній області, Колумбійський університет створив програму доповненої реальності для візуальних посібники з ремонту принтерів. В іншому військовому прикладі розробники з комп'ютерної графіки Колумбійського університету та Лабораторії інтерфейсу користувача створили систему доповненої реальності під назвою ARMAR, яка спрямовує військових механіків при проведенні регламентних робіт та ремонтів усередині бронетранспортера. ARMAR - це дисплей, що встановлюється на голові, який забезпечує графічні накладання, щоб допомогти механікам робити ремонт. Будь-який телефон Android забезпечує інтерфейс для керування графічною механікою і перегляд у процесі. Завдання включають встановлення та видалення кріплень та індикаторних ламп, а також з'єднувальних кабелів, все в тісному салоні бронетранспортера. Доповнена реальність була перевірена на двох базових умовах: головний дисплей тексту та графіки, а також фіксований плоский дисплей з покращеною версією документації на основі портативних комп'ютерів. Умови доповненої реальності дозволяють механікам швидше виконувати завдання, а в деяких випадках призводить до меншого загального руху голови.

3. ВИБІР ПРОГРАМНИХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ РОЗРОБКИ

Залежно від запланованого типу доповненої реальності та доступних пристроїв для студентів, які будуть використовувати AR, доступно багато інструментів для викладачів, які бажають створити програми доповненої реальності в освіті. Деякі інструменти, такі як Daqri, MixAR та ZooBrust досить прості і не вимагають знань чи навичок програмування. Інші інструменти включають набори SDK, такі як ArToolKit, Unifeye Mobile SDK та Wikitude, які були розроблені для серйозних розробників доповненої реальності. Ці комплекти дуже потужні та дозволяють розробникам розробляти різні додатки доповненої реальності для різних пристроїв. На жаль, більш просунуті інструменти вимагають великих знань та досвіду в комп'ютерному програмуванні, Java та 3D віртуальна реальність.

Daqri – це платформа для публікації контенту, яка дозволяє користувачам створювати QR-коди, що відображають зображення, фільми та інші частини контенту, як тільки вони переглядаються через камеру смартфона. Daqri накладає 3D-зображення на реальний світ через iPhone або Android-пристрій, використовуючи QR-коди, як якір (рис. 9) [11].



Рисунок 9 – Використання Daqri Smart в процесі навчання механіка

Найприємніше те, що дозволяє користувачам створювати продукти доповненої реальності без написання коду. Основним недоліком системи є висока вартість необхідного для користувача обладнання.

Студія Hololabs розробила додаток для iPhone під назвою MixAR, який дозволяє користувачеві створювати власні моделі 3D AR, фотографії чи відео без будь-яких вимог кодування. MixAR це, по суті, редактор доповненої реальності (рис. 10) [12].



Рисунок 10 – Використання MixAR для створення доповненої реальності

Його платформа дозволяє користувачам фотографувати об'єкти, а потім перетворює його на 3D-модель, яку можна накласти в AR і записати як відео і поділитися ним зі світом. Все це можна зробити використовуючи лише iPhone. Основний недолік вище описаної системи полягає в обмеженні використання тільки смартфонами iPhone, що зменшує коло студентів і викладачів.

ZooBurst – це інструмент для тривимірного оповідання, за допомогою якого автори можуть легко створювати власні 3D книги. Автори можуть вибрати один з макетів книги на веб-сайті, а потім просто тримати маркер

ZooBurst перед їхньою веб-камерою. 3D-книга з'явиться на екрані у зменшеному масштабі. Книга на екрані повністю інтерактивна, дозволяє читачам змінювати сторінку, натискаючи на символи, щоб побачити діалог, або нахилити папір в у будь-якому напрямку, щоб подивитися на історію під іншим кутом. Автори можуть розставляти персонажів та реквізит у тривимірному світі, який можна налаштувати за допомогою завантажених зображень або предметів, знайдених у базі даних. Крім того, автори також можуть записувати свої голоси за допомогою диктофона ZooBurst, щоб їх персонажі говорили з читачем (рис. 11) [13].

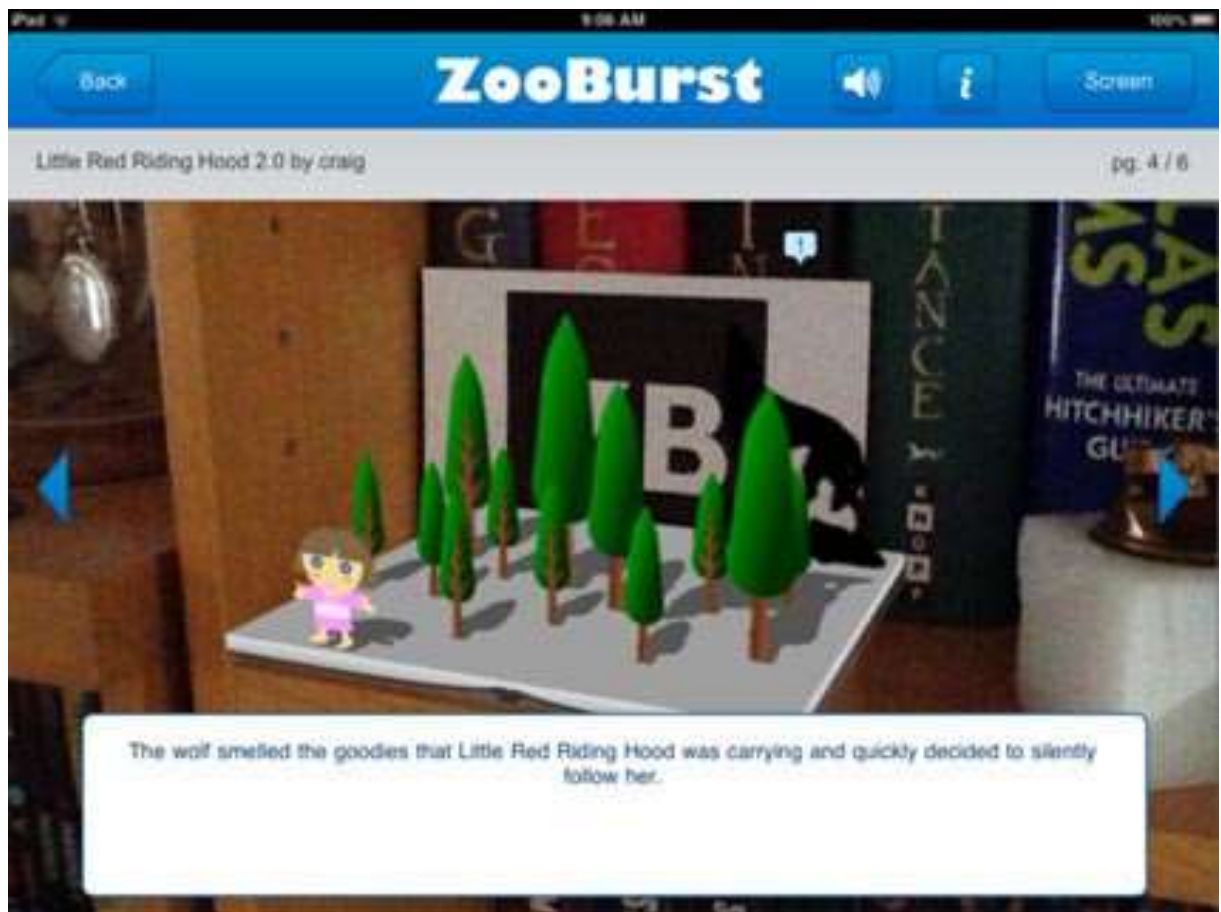


Рисунок 11 – Створення AR для книги з використанням ZooBurst

Основний недолік полягає в тому, що система орієнтована суто на доповнену реальність для книжок. А для навчального процесу необхідні більш універсальні інструменти.

ARToolKit – це безкоштовна програмна бібліотека мовою C з відкритим вихідним кодом для створення програм доповненої реальності. ARToolKit використовує методи комп'ютерного зору для розрахунку реального положення камери та орієнтації щодо розмічених карток, що дозволяє програмісту накладати віртуальні об'єкти на ці картки (рис. 12) [14].



Рисунок 12 – Створення AR з використанням ARToolKit

Було зроблено багато AR-проектів з ARToolKits, включаючи 3D-Live, AR Groove, FaiMR, MagicBook та PyARTK. Основний недолік – потребує знань мов програмування високого рівня, що є обмеженням для певної категорії викладачів.

Metaio розробила Unifeye Mobile SDK, який дозволяє розробникам створювати додатки AR для iPhone, Android, Symbian і пристрої WinMobile. Unifeye Mobile SDK – це повний пакет програмного забезпечення для мобільних пристроїв AR, що дозволяє розробникам скористатися перевагами платформи Unifeye в тому числі його шаблони конфігурації, 2D текстури/зображення відстеження, відстеження 3D-об'єктів, відстеження маркерів, плагіни відстеження GPS, підтримка відео та веб-система візуалізації.

Wikitude пропонує потужні API для додавання AR вміст у Wikitude World Browser. API Suite — це потужне програмне забезпечення з інтерфейсом, що дає можливість відкритого розвитку досвіду AR без маркерів, надаючи розробникам інструменти для створення власних мобільних додатків AR. Інші комплекти AR SDK включають: AllJoyn SDK, який дозволяє розробникам створювати додатки з підключенням до різних пристроїв Brew MP SDK представляє повністю інтегроване середовище розробки та розширює платформу до JAVA.

Великий вибір засобів для проектування засобів доповненої реальності надає можливість вільно комбінувати їх, підключаючи у якості модулів до Unity – багатоплатформенного інструменту для розробки дво- та тривимірних програм, що працює на операційних системах Windows, macOS X та Linux. Створені за допомогою Unity програми працюють під управлінням Microsoft Windows, macOS, Linux, Xbox One, Wii, Wii U, PlayStation 3, PlayStation 4, PlayStation Vita, iOS, Android, WebGL, Tizen, Facebook, TvOS та Nintendo Switch.

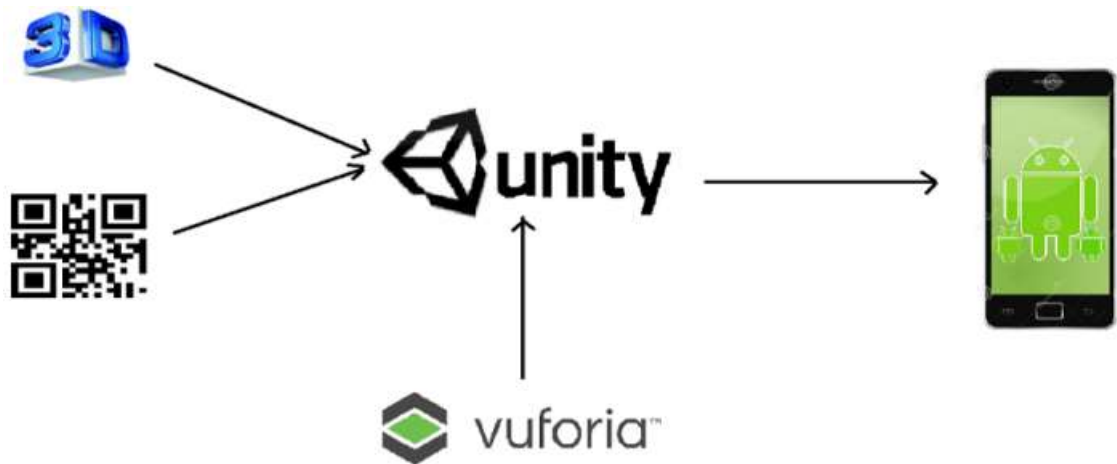


Рисунок 12 – Створення AR для використання в навчальному процесі

Для створення систем доповненої реальності розробки інтерактивних навчальних матеріалів доцільно застосовувати інтегрований підхід, за якого проектування із застосуванням стандартних об'єктів виконується у середовищі візуального проектування, а надання стандартним об'єктам нових властивостей та створення нових виконується у пов'язаному із ним середовищем об'єктно-орієнтованого програмування.

4. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

4.1. Інструмент AR-технології для вивчення природничих наук

Для розробки програмного інструмента для вивчення анатомії використовувалася технологія AR [15]. Процес включає три етапи:

1. Моделювання різних 3D-ресурсів.
2. Текстурування та налаштування механіки ігрового двигуна.
3. Реалізація доповненої реальності.

Для навчальної програми було створено дев'ять різних 3D-моделей, які представлені у вигляді таблиці на рис. 14. На рис. 13 представлена сітка 3D-персонажів.

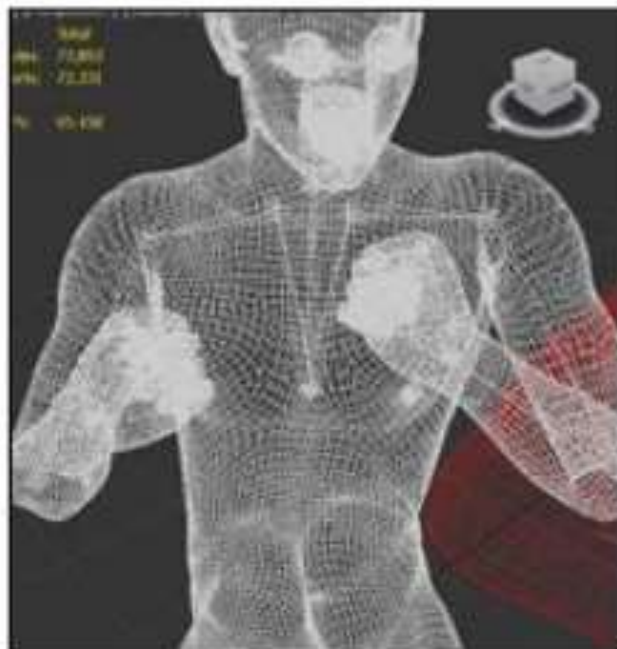


Рисунок 13 – Сітка 3D-персонажів

Model	Role
Character	Core element, in the application produced in high detail (73k polygons), as displayed
Chocolate bar	Minor model, present to demonstrate eating.
Intestines and Gut	Core component for the application. Created in detail to show overall gut/digestive system construction.
Veins/Arteries	Core component for demonstrating the biological processes taking place, but with low poly (300 polygons).
Blood Vessels	Low poly (50 polygons each), animated objects in the scene to demonstrate blood flow and scale.
Cells	The cells are prominent in the application. They are very low poly, with the details being added through the texturing.
Muscle Cells	The muscle cells, again are low poly, and are the recipients of the glucose and insulin molecules.
Glucose & Insulin Molecules	Low poly, small objects in the scene but core to demonstrating the biology.

Рисунок 14 – Моделі і сцени програми для вивчення анатомії

Після процесу моделювання були додані текстури безпосередньо в середовищі ігрового движка шляхом текстурування в ігровому движку. Це дозволило включити шейдери на моделях; що призвело до підвищення якості текстурування і забезпечення реалізму моделей.

Процес текстурування мав вирішальне значення для додавання деталей. Процес 3D-моделювання та створення взаємних навчальних відносності для студентів під час роботи з додатком AR показав свою ефективність. Процес текстурування також забезпечив збереження моделей и низьку кількість полів, оскільки деталі створювалися за текстурами, а не самі 3D-моделі. Низька кількість полі – це необхідний параметр для забезпечення безперебійної роботи програми AR на ручному пристрої (наприклад, планшети та смартфони). Це пов'язано з тим, що вони мають обмежені можливості обробки та графіку у порівнянні з ПК або ноутбуком.

Як показано на рис. 15, символ є напівпрозорим, щоб дозволити кишечнику і травній системі бути видимими. Їжа також анімована і мандрує в горло та шлунок, коли персонаж кусає плитку шоколаду. Органічне текстурування було застосовано до різних клітин і тканин (рис. 16, рис. 17).



Рисунок 15 – Текстурування персонажів



Рисунок 16 – Органічне текстурування клітини за допомогою ігрового движка

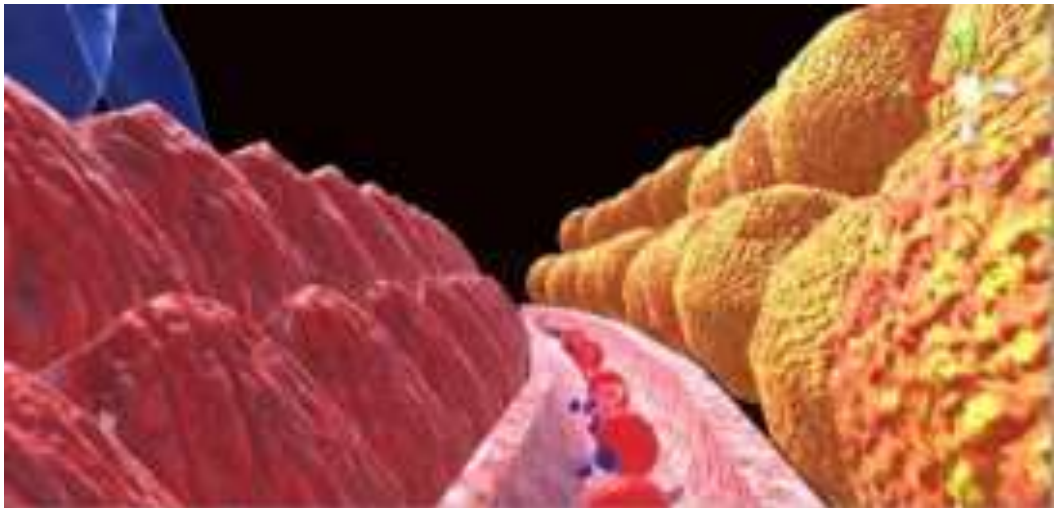


Рисунок 17 – Органічне текстурування крові за допомогою ігрового движка

Використовувалися текстурні зображення високої роздільної здатності. Завдяки моделі AR можливо збільшувати масштаб і переглядати об'єкти при більш детальному розгляді. Карти рельєфу та карти висот також були застосовані до моделей, щоб вони не виглядали плоскими на проекції. Ще одна

технічна проблема – UVW дисплей, оскільки багато моделей мають сферичний вигляд. Остаточна композиція сцени показана на рис. 18.

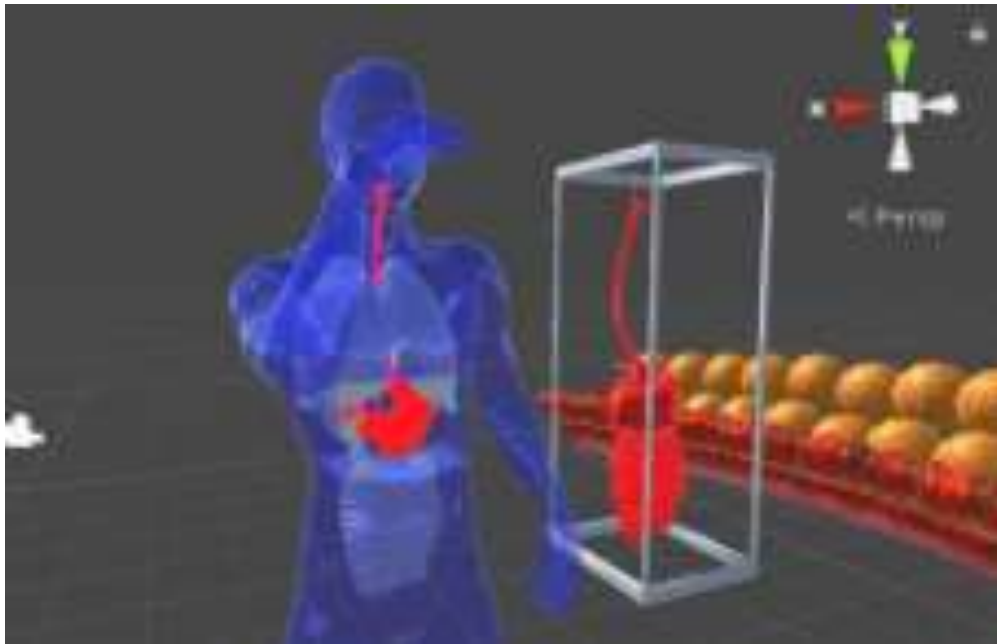


Рисунок 18 – Остаточна композиція сцени

Композиція складається з персонажа з їжею, що передається вниз до горла як анімація; крупний план травної системи, яка укладена в поле поруч із символом; і крупним планом, який дозволяє подивитися на біологічні процеси, що відбуваються в крові.

На наступному етапі проводилося налаштування доповненої реальності. AR було налаштовано за допомогою стандартних чорно-білих маркерів QR-коду для проектування моделей (рис. 19). Модель, спроектована на QR-код у Game Engine (рис. 20). Для покращення стабільності проєкції використовувалися вдосконалені маркери QR. Потім програму було розгорнуто на планшетах Android і Windows (рис. 21). Після розгортання додатка було проведено польові випробування, які мали високі показники якості.

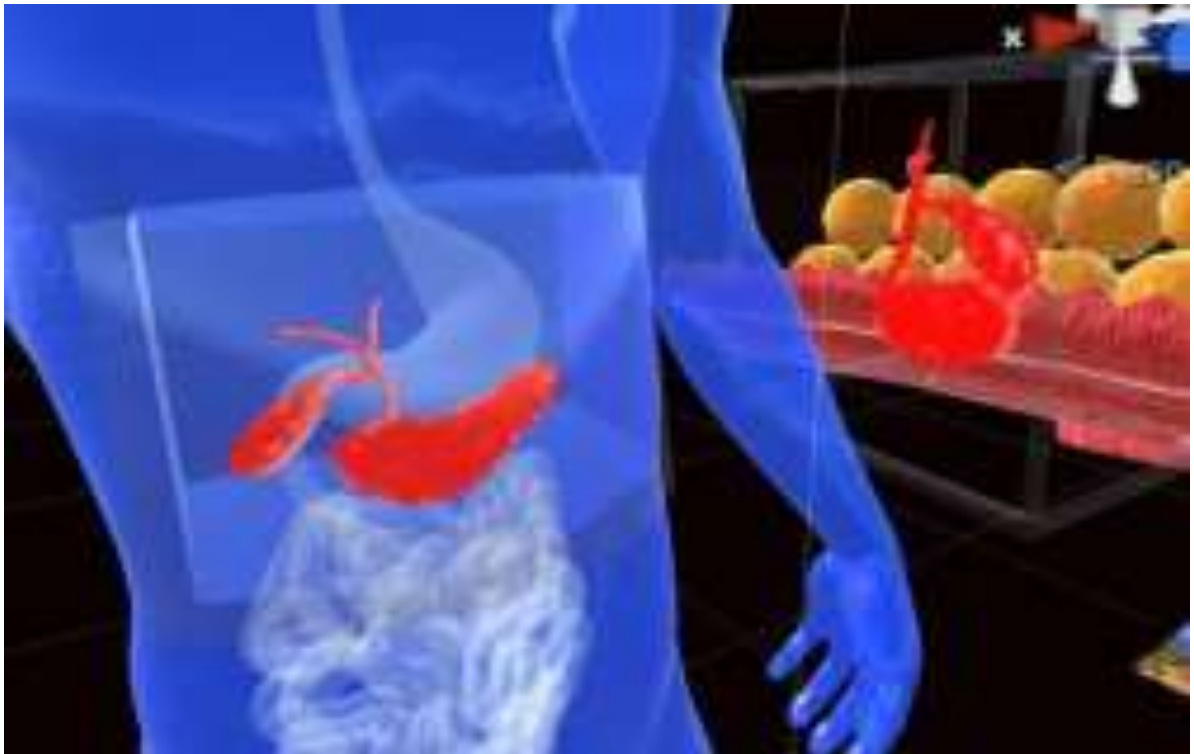


Рисунок 19 – Модель проекту в AR



Рисунок 20 – Модель на QR-кодi у Game Engine



Рисунок 21 – Додаток на портативному пристрої

Розгортання програми на Android і Windows забезпечує широке застосування. У процесі побудови таких інструментів навчання виникають проблеми з початковою реалізацією моделі, оскільки вона не показує правильних процесів, але існує можливість подолати такі недоліки за рахунок сумісної роботи розробника та викладача.

4.2. Програмні моделі для вивчення хімії

Технологія доповненої реальності використовується для вивчення хімії. З цією метою в роботі [5] представлена постійно зростаюча бібліотека

інтерактивних 3D-моделей, які були завантажені на безкоштовний веб-сайт спільного використання 3D-моделей Sketchfab. Цей сайт пропонує ресурс для перегляду 3D-моделей та анімації з інтерактивними елементами, які дозволяють студенту панорамувати, масштабувати, повертати, відтворювати, призупиняти, перемотувати вміст 3D-об'єкта чи фільму. Sketchfab дозволяє просто завантажувати та розповсюджувати ці 3D-моделі та анімації між операційними системами чи пристроями, що дозволяє масове розповсюдження серед студентів без обмежень щодо сумісності (рис. 22) [16].



Рисунок 22 – 3D-модель в Sketchfab

Крім того, під час процесу завантаження Sketchfab всі моделі автоматично перетворюються у форму, яку можна переглядати через доповнену реальність через програми для смартфонів. Ця базова функція Sketchfab для доповненої реальності потенційно є одним із найпростіших засобів для створення та інтеграції моделей доповненої реальності в навчання. Ці інструменти залишаються актуальними після того, як особисте навчання повернеться до норми, оскільки студенти зможуть завантажити програму для

смартфонів Sketchfab, доступну як на Android, так і на iOS. Ця інтеграція зі смартфоном дозволяє студентам легко переглядати ці моделі на екрані в аудиторії, де комп'ютер може бути не зручним. Sketchfab також автоматично генерує вбудований код, що дозволяє вставляти моделі безпосередньо в підручники та веб-сайти з відкритими освітніми ресурсами. Таке вбудовування усуває необхідність для студентів переходити на альтернативні веб-сторінки або програми для перегляду 3D-файлів. Зараз у бібліотеці моделей детально описані звичайні теми середньої школи та загальної хімії, такі як форми атомних орбіт, рух молекул, хіральність та енантіомери та молекулярні орбіталі. Розробники обмежили використання письмових дескрипторів, щоб обійти мовний бар'єр для іноземних студентів. Наразі ці моделі є у вільному доступі в Інтернеті через веб-сайт Sketchfab, їх можна використовувати для навчання.

Усі моделі були створені та завантажені за допомогою підмножини з чотирьох безкоштовних пакетів програмного забезпечення: ORCA (рис. 23), Chimera, Avogadro та Blender (рис. 24).

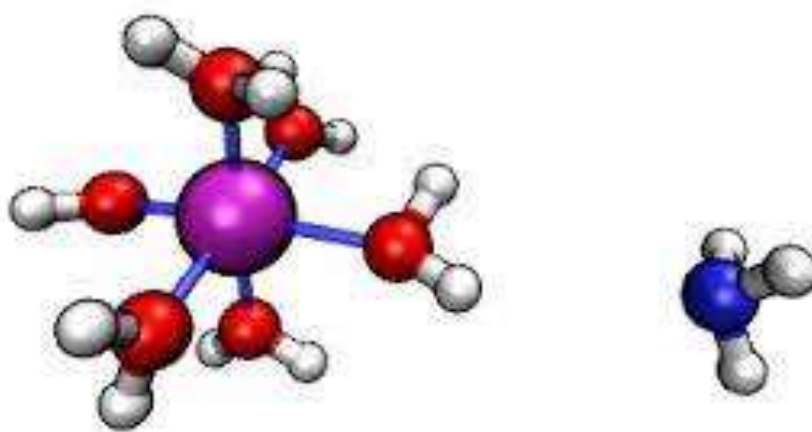


Рисунок 23 – Представлення молекули в ORCA

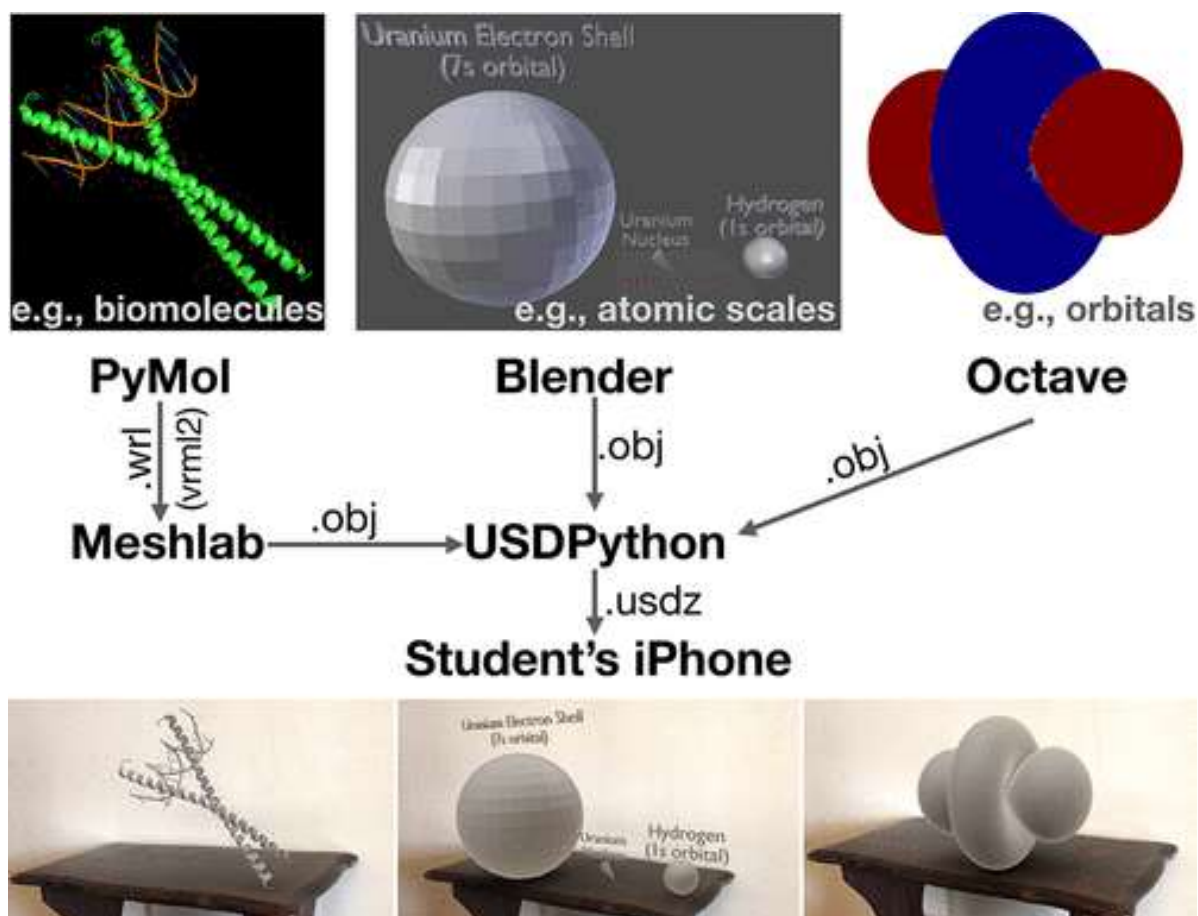


Рисунок 24 – Алгоритм створення файлів на смартфонах з використанням ПЗ Blender

Пізніше моделі були завантажені з безкоштовним обліковим записом до Sketchfab, хостингу та обміну 3D-моделей на основі браузера. Крім того, 3D-моделі, якими можна маніпулювати в програмах Microsoft Office, експортувалися безпосередньо з Blender, хоча ці моделі втратили анімацію.

Програма квантової хімії ORCA була використана для виконання розрахунків однієї точки (SP) для молекул та іонів, щоб отримати їх орбіталі. І орбіталі природного зв'язку (NBOs), і молекулярні орбіталі (MOs) були розраховані на основі цих розрахунків SP. Щоб створити вихідні файли, які можна прочитати програмою молекулярної графіки Chimera, поверхні цих орбіталей були перетворені у файли **.cube** за допомогою ORCA_PLOT зі стандартною роздільною здатністю файлу 100 точок сітки. Цей процес

перетворення файлів також створив файли .xyz, які містили інформацію про молекулу, зокрема типи та положення атомів, і ця молекула була вирівняна з орбітальними графіками.

Візуалізація та маніпуляції з орбітальними поверхнями з файлів .cube виконувались у Chimera шляхом завантаження файлів .xyz і .cube. Псевдонім MySurface, згенерований рядком «Об'єм MySurface весь стиль поверхневий рівень 0,05 колір червоний ^ рівень – 0,05 колір синій», використовувався для встановлення орбіталей на 95% ізоповерхні та встановлення їх кольорів. Після початкової візуалізації поверхні для кожного NBO та MO були збережені як тип файлу об'єкта хвильового фронту (.obj), тоді як структура молекули з кульками і паличками була збережена як тип файлу collada (.dae). Враховувалися можливості, щоб не переорієнтувати молекулу під час збереження кількох орбіталей за допомогою цього методу, оскільки ця переорієнтація буде зміщувати поверхню орбіталі з координатами відповідної молекули.

Після створення 3D-файлів вони були імпортовані в Blender, де були внесені будь-які естетичні зміни та анімація. Ці естетичні зміни включають зміну кольору об'єкта, блиску, шорсткості, індексу заломлення та непрозорості, а також уточнення освітлення, масштабування та композиції сцени. Усі анімації були зроблені за допомогою системи ключових кадрів Blender шляхом зміни або розташування об'єкта, поворот або масштабування на заданій кількості кадрів. Ці дії з ключовими кадрами в поєднанні з батьківством об'єктів були використані для створення анімацій типу «Butane Rotation Smooth», яка відображає ідеальний цикл кожного зв'язку C-C, що обертається одночасно і з різною швидкістю в молекулі бутану.

Розроблені моделі молекулярних орбіталей та атомних орбіталей представлені на рис. 25.

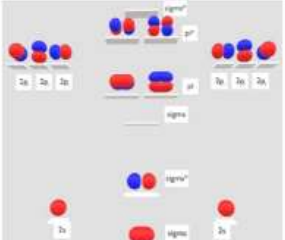

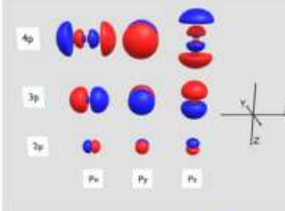
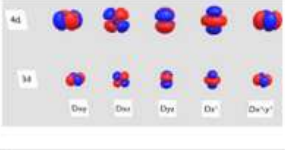
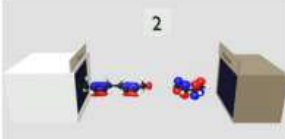
<p><i>Molecular Orbital Diagram from Atomic Orbitals</i></p> <p>https://skfb.ly/6V9Lu</p>	<p>A diagram showing how $2s$ and $2p$ orbitals on F_2 combine to give rise to its MO diagram.</p>	
<p><i>1s, 2s, and 3s, Orbitals</i></p> <p>https://skfb.ly/6UAYF</p>	<p>A model showing the relative sizes and nodes associated with the first three s-orbitals.</p>	
<p><i>2p, 3p, 4p Atomic Orbitals on Xe:</i></p> <p>https://skfb.ly/6WQnr</p>	<p>A model showing the relative sizes and nodes associated with the first three sets of p-orbitals.</p>	
<p><i>3d and 4d Atomic Orbitals on Xe</i></p> <p>https://skfb.ly/6UDVU</p>	<p>A model showing the relative sizes and nodes associated with the first two sets of d-orbitals.</p>	
<p><i>1,3-Butadiene Polymerization</i></p> <p>https://skfb.ly/6UznK</p>	<p>An animation showing the orbitals of 1,3-Butadiene and the changes they undergo during an addition polymerization.</p>	

Рисунок 25 – Молекулярні та атомні орбіталі

Розроблені група моделі для відображення молекулярного руху. Використання таких моделей в процесі навчання підвищують ефективність засвоєння навчального матеріалу студентами за рахунок наочного уявлення руху молекул в просторі (рис. 26).


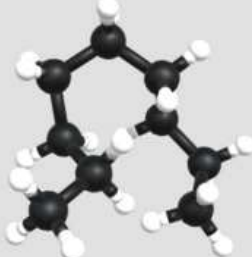

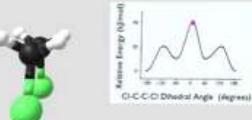
<p><i>Butane Rotation Smooth</i> https://skfb.ly/6TwYN</p>	<p>A cartoon visualization of how butane can rotate about a C-C bond, and how this rotation affects the structure of butane.</p>	
<p><i>Rotation of Nonane</i> https://skfb.ly/6TNq8</p>	<p>A cartoon visualization of how distorted nonane can appear when rotating about every C-C bond.</p>	
<p><i>Cis-2-Butene Rotation</i> https://skfb.ly/6TJsN</p>	<p>An animation depicting the limited rotation in a hydrocarbon with a double bond.</p>	
<p><i>1,2-Dichloroethane Twist</i> https://skfb.ly/6TOVy</p>	<p>An animation showing the energy levels associated with rotating about the C-C bond in dichloroethane.</p>	

Рисунок 26 – Моделі молекулярного руху

Розроблені моделі для відображення енантіомерів, хіральності та ізомерів. За рахунок використання анімації вони дозволяють полегшити процес засвоєння матеріалу студентами та зробити роботу викладача більш ефективною. (рис. 27, 28). Ці моделі мають симетричну структуру, а анімація дозволяє відстежувати окремі рухи.

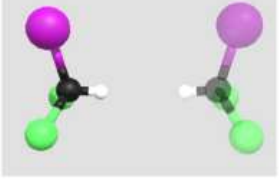
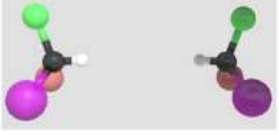
<p><i>Superimposing Dichloriodomethane Mirror Images</i></p> <p>https://skfb.ly/6XvoX</p>	<p>A simple animation showing dichloriodomethane and its mirror image, followed by an overlap of the two molecules in 3D space. This animation demonstrates how non-chiral molecules can be superimposed.</p>	
<p><i>Enantiomers of Bromochloriodomethane</i></p> <p>https://skfb.ly/6TJsW</p>	<p>A simple animation showing bromochloriodomethane and its mirror image, followed by two attempts to overlap the molecules using only translation and rotation. The animation demonstrates how chiral molecules cannot be superimposed.</p>	

Рисунок 27 – Моделі енантіомерів та хіральності


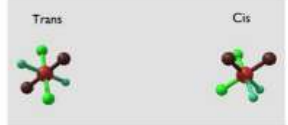


<p><i>Fac/Mer Molecular Configurations</i></p> <p>https://skfb.ly/6ZDLv</p>	<p>A model showing the differences between the <i>fac</i> and <i>mer</i> isomers of a generic octahedral complex. Triangles were added for emphasis.</p>	
<p><i>Cis/Trans Molecular Configurations</i></p> <p>https://skfb.ly/onEQA</p>	<p>A model showing the differences between the <i>cis</i> and <i>trans</i> isomers of a generic octahedral complex.</p>	
<p><i>Structures of 2,3-Dichlorohexane</i></p> <p>https://skfb.ly/6UTsI</p>	<p>An animation showing five isomers of 2,3-dichlorohexane. The intent of this animation is for the student to try and identify which pair of isomers are identical, and which pairs are rotamers. This animation starts in a static pose, and the animation must be manually started through the user controls.</p>	
<p><i>Butane Rotation to Lewis Structure</i></p> <p>https://skfb.ly/6VTDB</p>	<p>An animation depicting four possible conformations of butane achieved by rotation about a C-C bond. Each conformer is shown sequentially with its associated wedge-dash structure.</p>	

Рисунок 28 – Моделі ізомерів

Sketchfab автоматично генерує кілька стилів коду вставки для кожної загальнодоступної моделі на веб-сайті. Ці вбудовані коди дозволяють легко

інтегруватися в онлайн-ресурси, які часто використовуються на уроках хімії. Ці вбудовані файли дозволяють краще контролювати матеріал, який переглядають студенти, і допомагають усунути відволікання та перерви в робочому процесі студентів, які можуть виникати, коли студентам пропонується переглядати кілька веб-сайтів одночасно.

Ця бібліотека 3D-моделей та анімацій, які можна переглядати на будь-якому пристрої, що забезпечує просту інтеграцію в різноманітні навчальні середовища. Анімаційні можливості Blender спрощують створення нових візуалізацій для езотеричних описів хімічних концепцій, наприклад, нездатність хіральної молекули накладатися на її дзеркальне відображення або те, як можна намалювати численні клиновидні штрихові структури для різних конформацій. Вільний характер і простота використання, властиві Sketchfab, дозволяють студентам переглядати ці моделі за допомогою дисплея комп'ютера або доповненої реальності. Ця комбінація Blender і Sketchfab забезпечує просту засобів, за допомогою яких викладач може створювати та розповсюджувати тривимірні засоби навчання для будь-якого класу.

ВИСНОВКИ

В роботі було розглянуто методи і програмні інструменти використання доповненої реальності в навчальному процесі для викладання природничих наук, визначені програмні продукти, які найбільш ефективно використовуються викладачами та студентами і не вимагають спеціальних навичок в галузі програмування.

На першому етапі була проаналізована предметна область, розглянута концепція та принципи використання доповненої реальності в навчальному процесі, визначені типи навчальних форм, які можуть використовувати доповнену реальність, вказана відмінність віртуальної та доповненої реальності.

На наступному етапі проаналізували існуючі програмні інструменти доповненої реальності, які використовуються для навчального процесу природничих наук. Слід зауважити, що на даному етапі розвитку ІТ існують потужні програмні інструменти, які не вимагають від викладача глибоких знань програмування та можуть застосовуватися на пристроях з різними операційними системами.

Проаналізували методи та напрямки використання доповненої реальності в процесах навчання. Визначили, що для дисциплін природничого напрямку найбільш ефективними є 3D-моделі, використання яких забезпечує легше засвоєння навчального матеріалу студентами.

На наступному етапі провели огляд існуючих бібліотек з моделями та визначили можливість їхнього використання для викладання природничих наук в університеті. Слід зазначити, що високу ефективність показали такі бібліотеки при викладанні анатомії та хімії. Ці предмети викликають найбільші труднощі в процесі вивчення як для студентів, так і для викладачів. Тому використання в навчальному процесі саме інструментів доповненої реальності робить процес навчання більше інтересним та ефективним.

Представлені в роботі програмні інструменти для використання доповненої реальності в навчальному процесі при вивченні анатомії та хімії розповсюджуються безкоштовно, не потребують спеціальних навичок програмування та показали свою ефективність в процесах навчання різних груп слухачів.

Подальші дослідження можуть бути пов'язані з інтеграцією представлених бібліотек в систему електронного навчання ОДЕКУ з метою підвищення якості викладання природничих наук як для профільних спеціальностей, так і для інших спеціальностей, які існують в університеті.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. M. Henderson, N. Selwyn, G. Finger, and R. Aston, “Students’ everyday engagement with digital technology in university: exploring patterns of use and ‘usefulness,’” *J. High. Educ. Policy Manag.*, vol. 37, no. 3, pp. 308–319, May 2015.
2. L. C. Larson and T. N. Miller, “21st Century Skills: Prepare Students for the Future,” *Kappa Delta Pi Rec.*, vol. 47, no. 3, pp. 121–123, Apr. 2011.
3. M. J. Koehler, P. Mishra, and W. Cain, “What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)?,” *J. Educ.*, vol. 193, no. 3, pp. 13–19, Oct. 2013.
4. Chooi Yi Wei, Yoke Chin Kuah, Chee Pung Ng, Wai Kwan Lau. Augmented Reality (AR) as an Enhancement Teaching Tool: Are Educators Ready for It.
5. Michael M. Aristov, John W. Moore, John F. Berry. Library of 3D Visual Teaching Tools for the Chemistry Classroom Accessible via Sketchfab and Viewable in Augmented Reality.
6. Alfawareh, H.; Jusoh, S. Smartphones Usage Among University Students: Najran University Case. *J. Acad. Res.* 2014, 6, 321–326.
7. Poll, H. Pearson Student Mobile Device Survey 2015 National Report: Students in Grades 4–12. <https://www.pearson.com/content/dam/one-dot-com/one-dot-com/us/en/pearson-ed/downloads/2015-Pearson-Student-Mobile-Device-Survey-Grades-4-12.pdf>.
8. Yuen, Steve Chi-Yin; Yaoyuneyong, Gallayanee; and Johnson, Erik. Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education, *Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE)*: Vol. 4: Iss. 1: <https://aquila.usm.edu/jetde/vol4/iss1/11>.
9. SimSnails <http://www.youtube.com/watch?v=4JTCabfxEcw> / (дата звернення 10.31.2022).
10. The New Reality for Mobile Gaming: The VR/AR Opportunity. <https://newzoo.com/insights/articles/the-new-reality-for-mobile-gaming-the-vr-ar-opportunity/> (дата звернення 10.31.2022).

11. DAQRI <https://twitter.com/daqri/status/888868531688923136> / (дата звернення 10.31.2022).
12. Employers: Working With the Centre for Digital Media. <https://thecdm.ca/partners/employers> / (дата звернення 10.31.2022).
13. ZooBurst <https://edshelf.com/tool/zooburst/> (дата звернення 10.31.2022).
14. ARToolKit Augmented Reality App Tutorial https://www.youtube.com/watch?v=i8l6rdp_a2k / (дата звернення 10.31.2022).
15. Barrow J., Sands F., Hurst W. Augmented Reality for Enhancing Life Science Education. Conference: VISUAL 2019: The Fourth International Conference on Applications and Systems of Visual Paradigms.
16. Explore 3D models. <https://sketchfab.com/tags/explore> / (дата звернення 10.31.2022).