

ПЕДАГОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ КОМПОНЕНТІВ ВІРТУАЛЬНОЇ І ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ КОМСДН У ПРОЦЕСІ ДОСЛІДНИЦЬКОГО НАВЧАННЯ УЧНІВ ПРЕДМЕТІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНОГО ЦИКЛУ У ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

У дослідженні ґрунтовно представлено можливості педагогічного проектування з педагогічно виваженим використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем дослідницького навчання (КОМСДН) предметів природничо-математичного циклу в закладах загальної середньої освіти, в тому числі з використанням технологій змішаної реальності. Основна мета математичної освіти полягає також в розвитку вміння математично, логічно та усвідомлено досліджувати явища навколишнього світу. Для організації дослідницької діяльності учнів пропонується ряд авторських конструкторів з використанням технологій змішаної реальності. Переваги і недоліки комп'ютерного моделювання розглядаються в контексті навчальної і методичної діяльності, для підтримки якої вони призначені. Розроблено класифікацію IVR, рейтинговий список популярних застосунків у рамках експериментального дослідження, відповідно, здійснено порівняльну характеристику із врахуванням особливостей використання IVR КОМСДН. Особлива увага приділяється експериментальному дослідженню впливу IVR з використанням імерсивних технологій на психофізіологічний стан і розвиток інтелекту учнів в процесі дослідницького навчання. У процесі дослідження особлива увага зверталася на поведінку сенсорної системи дитини, яка має здатність підлаштовуватися під оточуюче середовище. Досліджено існування кореляційних зв'язків між перевагами у ставленні дітей до використання IVR і рівнями інтелектуального розвитку учнів. Встановлено необхідність здійснення добору інформаційних ресурсів для підвищення креативності, мотивації і рівня інтелектуального розвитку дітей, що призводить до підвищення ефективності дослідницького навчання. Результати виявилися значущими на рівні достовірності $p \leq 0,05$. Отримані в процесі експериментального дослідження дані використовувалися для здійснення аналізу найбільш актуальних в процесі дослідницького навчання учнів предметів природничо-математичного циклу ІТ КОМСДН.

Ключові слова: дослідницьке навчання; варіативні моделі; комп'ютерно орієнтована методична система дослідницького навчання; математичне моделювання, штучний інтелект, імерсивні технології, змішана реальність.

Постановка проблеми. Реформа сучасної школи поставила перед учителями завдання практичної спрямованості навчання предметів природничо-математичного циклу. Для вирішення цієї проблеми необхідно: забезпечити повноту, систематичність та усвідомленість основ наукових знань, їх міцність і дієвість; ознайомити учнів з основними методами пізнання природи – спостереженням і експериментом; навчати їх розпізнавати фізичні, хімічні тощо явища та закономірності в природі і техніці; навчити використовувати знання для пояснень і дослідження явищ природи, принципів дії пристроїв, технічного обладнання тощо.

Актуальність та перспективність експериментального дослідження [3] визначаються завданнями, визначеними Національною стратегією розвитку освіти в Україні, у якій пріоритетом розвитку освіти визначено впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, що

забезпечують удосконалення навчально-виховного процесу, доступність та ефективність освіти, підготовку учнів до життєдіяльності в інформаційному суспільстві. Недостатня розробленість теоретико-методологічних проблем щодо організаційних форм, моделей та ресурсного забезпечення комп'ютерно-орієнтованого середовища навчання предметів природничо-математичного циклу в закладах освіти не дозволяє ґрунтовно реалізувати на практиці проблемні завдання. До основних заходів, що спрямовані на забезпечення інформатизації освіти, задоволення освітніх інформаційних і комунікаційних потреб учасників навчально-виховного процесу, віднесено формування та впровадження КОМСДН в системі освіти, застосування в навчально-виховному процесі поряд із традиційними ІТ, ТЗР.

Аналіз досліджень і публікацій. Я.А. Коменський, І.Г. Песталоцці, М.В. Ломоносов, К.Д. Ушинський та ін. вважали, що початкова фаза

навчання повинна ґрунтуватися на чуттєвому пізнанні, відповідно, одним із найважливіших принципів дидактики вважається наочність [1]. Зв'язок чуттєвого і раціонального в навчально-виховному процесі важливий і необхідний, оскільки часто принцип наочності формулюється як принцип єдності абстрактного і конкретного. Наочність в навчально-виховному процесі реалізовувалася шляхом демонстрації різноманітних дослідів. Вміння вчителя враховувати психічний стан учнів і стадії їх психічного розвитку забезпечує гарантоване досягнення результатів навчання. Учені будують модель явища з метою розуміння сутностей, властивостей досліджуваного явища за умови неможливості проведення спостереження через об'єктивні причини [2]. В процесі пізнання і практичного дослідження навколишнього світу велика роль відводиться методу математичного моделювання [10]. Зацікавленість щодо використання методу математичного моделювання пов'язана з зростанням інтересу до логіки проведення наукового дослідження. Численні дослідження в науковій літературі присвячені або огляду моделювання в математичному і технічному контекстах, а також філософських проблем.

Актуальність зазначеної дослідно-експериментальної роботи визначається потребою у розробленні нового напрямку прикладних досліджень, а саме, використання варіативних моделей комп'ютерно орієнтованих методичних систем дослідницького навчання учнів предметів природничо-математичного циклу в навчально-виховному процесі, управлінській діяльності та поширенні методики дослідницького навчання в системі освіти з виваженим використанням імерсивних технологій [4].

Мета статті в контексті експериментального дослідження полягає в розробленні, обґрунтуванні та експериментальній перевірці варіативних моделей використання комп'ютерно орієнтованих методичних систем дослідницького навчання (КОМСДН) предметів природничо-математичного циклу, у т.ч. технологій змішаної реальності (ТЗР) [3].

Виклад основного матеріалу. Імерсивна віртуальна реальність (IVR) з використанням HMD – технологія для створення відчуття психологічної присутності користувача у віртуальному просторі. З використанням різноманітних технологій IVR створюються різні рівні завантаження та відчуття присутності в імітованому середовищі [9]. Віртуальна реальність (VR) – це 3D комп'ютерне середовище, з використанням якого можна здійснювати «симуляцію реального світу», наближену до реального. Віртуальне середовище можна проектувати з використанням персонального комп'ютера, мобільного застосунку або дисплею HMD, який може бути представлений гарнітурою або окулярами. Можливості варіативно зміню-

ються від пасивного спостереження за віртуальним світом до таких, де користувач забезпечується обмеженою навігацією та взаємодією, до віртуального середовища, де користувач здійснює маніпуляції (переміщення), взаємодіючи, в результаті чого набувається індивідуальний досвід.

Здійснення дослідницького навчання учнів можливе за допомогою нижче наведених способів [8]: а). *Перший досвід із врахуванням соціально-конструктивістської концепції навчання шляхом емпіричного відкриття*; б). *Природна семантика в контексті пропедевтики вивчення символів і абстракцій (наприклад, здійснення маніпуляцій кутами, сторонами многокутників перед вивченням важливості дослідження кутів в математиці)*; в). *Уточнення навчального матеріалу в процесі перетворення абстрактних ідей у сформовані наукові положення/теорії (наприклад, «подорож із вірусом» в процесі мутації та поширення в популяції тощо)*; г). *Розмір і масштабованість з метою зміни розмірів об'єктів/середовища з метою забезпечення взаємодії з мікро/макросвітом (наприклад, маніпуляції з атомами)*; д). *Трансдукція (наприклад, моделювання шляхів міграції китів, морських свинок, вивчення яких дозволяє учням досліджувати шляхи різноманітних видів тощо); зміна перспективи в контексті використання IVR як «механізму/машини співчуття, співпереживання» для ламання стереотипів.*

Актуальність досліджень щодо використання IVR в шкільній освіті беззаперечна. На підставі аналізу наукових публікацій щодо використання імерсивних технологій можна стверджувати про їх неоднозначний вплив на процеси розвитку мислення учнів, на результати навчання. У дослідженні наголошується про необхідність врахування питань етики, безпеки використання і захисту здоров'я дітей в процесі проектування IVR.

У результаті педагогічного експерименту виявлено численні проблеми: конфіденційність; невміння/нездатність учнів концентрувати увагу; дорожняча обладнання; побоювання щодо підміни ролі і місця «нового гаджета» в контексті педагогічного дизайну навчально-виховного процесу; відсутність педагогічно виваженого і методично вмотивованого використання програмного забезпечення IVR [12]. Дотепер не проводилося масштабних наукових досліджень щодо впливу занурення у віртуальну реальність на здоров'я людини. Невідомі короткотривалі і довготривалі наслідки впливу такого занурення. Виробники обладнання IVR оприлюднили рекомендації щодо охорони праці і техніки безпеки з урахуванням вікових обмежень щодо використання імерсивних технологій. Учитель перед використанням IVR в навчальному процесі повинен ознайомитися з рекомендаціями виробників.

Необхідно обов'язково враховувати когнітивні, лінгвістичні, фізичні (перцептивні, рухові), емоційні (афективні), соціальні та моральні особливості в контексті розвитку перед використанням IVR в процесі навчання, оскільки використання IVR може призвести до виникнення шкідливої реакції у дітей, які не в змозі когнітивно регулювати такий набутий досвід [12]. Маленькі діти можуть набувати хибних переконань, підмінюючи поняття, що віртуальний світ і є реальним. Неможливо передбачити процес виникнення у дитини кібернетичної хвороби (різновид закачування!), саме тому вчитель повинен навчати учнів виявлення симптомів з метою попередження шкідливого впливу віртуальної реальності з інтенсивним використанням IVR.

Сьогодні широко вживаються такі терміни і поняття, як «модель», «моделювання», «комп'ютерне моделювання», які дуже часто не диференціюються і науково не пояснюються. Зберігається певний хаос дефініцій, зумовлений кризовим станом науки, не розробленістю понятійно-термінологічного апарату, різними підходами авторів до тлумачення тих чи інших процесів, а також багатоаспектністю, багатовимірністю і суперечливістю складових, що входять до тих чи інших дефініцій [2].

За останні десятиріччя, в тому числі завдяки успіхам кібернетики, про моделі почали говорити усі: математики і логіки, фізики та хіміки, астрономи і біологи, географи і економісти, мовознавці та кібернетики. Безперечно, в освітній технології змішаного навчання [5] інтегровано поєднується навчання за участю вчителя (обличчям до обличчя) з он-лайн навчанням, передбачаючи при цьому використання елементів самостійного контролю, враховуючи параметри дослідницького навчання учнів, що сприятимуть підвищенню ефективності навчально-виховного процесу: персоналізація; навчання, що ґрунтується на майстерності [6].

На основі теорії Блюма можна стверджувати, що перед вивченням нового навчального матеріалу учні повинні продемонструвати засвоєння навчального матеріалу; відповідальність учнів за власні результати навчання; система високих досягнень та інтеграція навчальної активності учня в розроблений маршрут до омрія-

них досягнень [7]. Із застосуванням компонентів КОМСДН забезпечується варіативність і неперервність варіативних програм і змісту освіти із врахуванням особливостей/здібностей учнів (див. Рис. 1) з використанням принципів «навчання через гру», «навчання-відкриття», «навчання-дослідження», «занурення в процес пізнання», «конструювання майбутнього», «конструкторське бюро», «дослідницький центр» [4].

Комп'ютерно орієнтовані методичні системи дослідницького навчання (КОМСДН) учнів представлені у вигляді матеріально-технічного та науково методичного забезпечення, в якому знаходяться логічно і логістично пов'язані об'єкти і сервіси. Формування КОМСДН закладів освіти спрямовано на поліпшення якості освіти в умовах розвитку інформаційного суспільства та конкурентоспроможної економіки. Досягти цієї мети можна

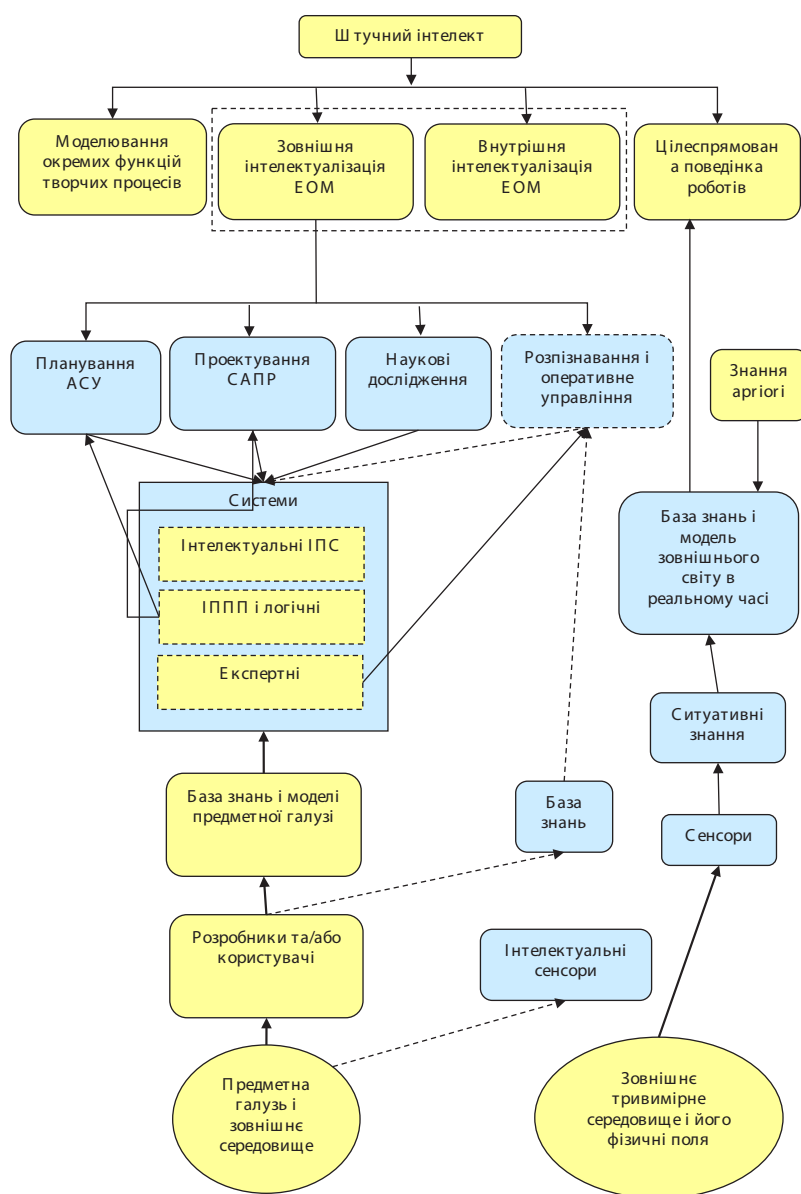


Рис. 1. Структуризація основних напрямків КОМСДН ШІ

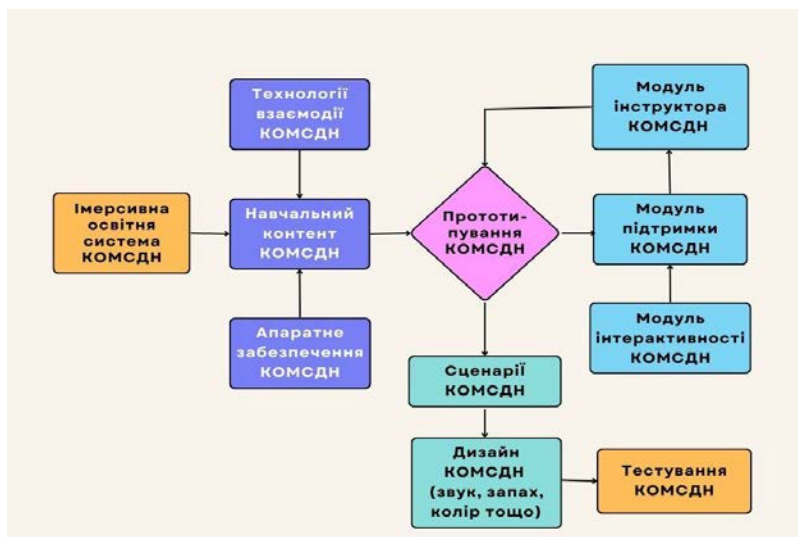


Рис. 2. Орієнтовна структура імерсивної освітньої системи КОМСДН



Рис. 3. Дизайн компонентів IVR КОМСДН

за умови оволодіння педагогами КОМСДН на високому рівні, підготовки учнів до використання технологій змішаної реальності у вирішенні життєвих практичних завдань, забезпечення доступу до якісної освіти через впровадження дослідницького навчання [11].

Ядро комп'ютерно орієнтованої системи дослідницького навчання – інноваційний науковий комплекс (див. Рис. 2), із використанням компонентів якого в учнів з'являється можливість у цікавій (нестандартній) формі вивчити основи математики, біології, фізики, хімії, електроніки, географії, екології, історії та інших наук. Інноваційний науковий комплекс складається з «статичних» і «динамічних» компонентів [13].

На основі виконаного ґрунтовного аналізу, висвітлених концептуальних аспектів та результатів емпіричного дослідження можна зробити висновки про покращення розуміння та підвищення ступеня засвоєння учнями навчального матеріалу

завдяки потоковому використанню візуальних і вербальних даних та наявності між даними стійкого змістового зв'язку. Збільшення часу розташування візуалізованого/вербалізованого зображення у полі зору учня не впливає на ефективність засвоєння матеріалу. Принципами розроблених теорій рекомендується послуговуватися як орієнтирами для розроблення та перевірки технологій навчання (ТЗР), особливо в контексті навчання природничо-математичних предметів із арсеналом засобів для опрацювання дидактичних матеріалів, представлених в дискретній, ілюстративно-вербалізованій та континуальній формах [3].

Доповнена реальність в школі.

З використанням доповненої реальності (AR) в режимі реального часу здійснюється накладання інформації, згенерованої комп'ютером, і віртуальних об'єктів на фізичний об'єкт. Доповнена реальність створюється з використанням персональних комп'ютерів, проєкційних систем, мобільних засобів і дисплеїв (гарнітури, окуляри). *Переваги використання доповненої реальності* в школах наведені нижче: перетворення контенту з текстового формату у візуальні та інтерактивні форми; можливість AR-моделювання шляхом віртуального переміщення у важкодоступні для людини місця (наприклад, здійснення польових досліджень у віддалених місцях).

Недоліки використання AR наведено нижче: когнітивне перевантаження, відволікання учнів від основних аспектів дослідницького навчання.

Специфіка педагогічного проєктування КОМСДН MR/VR/AR. З використанням комплексного імерсивного підходу (педагогічна імерсія) з'являється можливість доповнити компоненти КОМСДН. Віртуальні технології використовуються для того, щоб в незвичних форматах учні можуть пережити складні емоції (наприклад, почуття сорому). Безперечно, глядач (учень, учасник події) відчуватиме емпатію, слідкуватиме за сюжетом у процесі перегляду відео 360, переживаючи чужий досвід, однак забезпечується стійкий зворотний зв'язок з учнем. З педагогічно виваженим використанням імерсивних технологій з'являється можливість створення ґрунтовної, продуманої, системи КОМСДН (див. Рис. 3, 4) із забезпеченням музичного/звукового супроводу для візуального/аудіального занурення учня у «потрібну атмосферну

ситуацію» в контексті набуття необхідних знань. Важливо правильно обрати імерсивну технологію з метою ефективного дослідницького навчання учнів.

Дослідницьке навчання учнів в контексті створення доповненої реальності (AR). Набуття досвіду роботи з доповненою реальністю розпочалося із використання застосунку Aurasma. Мобільний застосунок здійснює накладання тривимірних об'єктів і відео поверх високого (!) контрастного зображення. Зображення тригера схоже на штрих-код, який «повідомляє» мобільному пристрою, що саме додати до зображення. Ілюзія, яку часто бачать через мобільний пристрій, «прив'язана до зображення», тому камера повинна тримати в полі зору. Зображення повинно мати достатній колірний контраст, щоб його можна було легко ідентифікувати (освітлення відіграє важливу роль в ідентифікації тригерного зображення) (див. рис. 5).

Створення об'єктів доповненої реальності з використанням мобільного застосунку HP Reveal. Доповнена реальність створюється шляхом поєднання реальних об'єктів і окремих віртуальних елементів, відповідні доповнення можна створювати безпосередньо з використанням смартфона, на якому одразу всі створені об'єкти проглядаються через девайс користувача. Рекомендується початківцям використовувати застосунок HP Reveal, перевагами якого є: безоплатність; люб'язний і зрозумілий інтерфейс для швидкого та зручного створення і перегляду контенту; можливість «накладання» усіх об'єктів, без обмеженості наявними у базі сервісу.

Правило-орієнтир для створення об'єктів доповненої реальності з використанням мобільного застосунку HP Reveal:

- 1) Завантажити застосунок HP Reveal.
- 2) Створити обліковий запис шляхом активізації вікна натисненням «Create an account».
- 3) Вводимо електронну пошту (або пропускаємо крок, натиснувши «Next».
- 4) Вводимо ім'я користувача. Зверніть увагу: введене ім'я використовуватиметься як ім'я вашого каналу.
- 5) Придумайте пароль та натисніть «Create account».
- 6) Обліковий запис створено. Ви можете створювати та проглядати об'єкти доповненої реальності, які в програмі називаються аурами (Auras). В процесі використання застосунку ми ніби переглядаємо ауру об'єкта, яка не проглядається звичайним зором.
- 7) Завантажте мультимедійні об'єкти на



Рис. 4. Особливості педагогічного проектування IVR КОМСДН



Рис. 5. Засоби педагогічного проектування IVR КОМСДН

мобільний пристрій з метою створення «нового шару реальності». Новим шаром може стати відео, картинка, фото або 3d модель. Можна одразу завантажити необхідні файли на телефон, після чого необхідно «прикріпити» їх в реальності. 8). Розмістити доповнення в проєктованій (!) реальності.

Процес створення компонентів/аур з використанням мобільного застосунку складається з нижче наведених кроків:

- 1) На головному екрані застосунку у верхній частині екрана натискаємо кнопку плюсику і фотографуємо об'єкт, на який накладаємо доповнення.
- 2) Обираємо об'єкт для створення мультимедійного шару. Зверніть увагу: можна завантажити файли з Вашого пристрою. Для цього необхідно обрати пам'ять пристрою «Device» та завантажити файли «Upload».
- 3) Здійснити коригування розміру та положення віртуального об'єкта. На даному етапі він повинен зображуватися відповідно до сценарію Вашого проєкту.
- 4) Запишіть ім'я об'єкта, збережіть його та зробіть ауру публічною.

Правило-орієнтир для перегляду компоненту/аури учнями (!): для виконання роботи учням потрібно здійснити реєстрацію (див. правило-орієнтир): **1)** Завантаживши попередньо застосунок, зареєструйтесь в ньому. **2)** Знайдіть потрібний канал необхідний канал. **3)** Зайдіть на канал. Натисніть «назва каналу Public Auras». **4)** Для перегляду аури необхідно натиснути «Follow». Для цього потрібно повернутися на головний канал застосунку, натисніть блакитну кнопку і наведіть камеру на фіксоване зображення.

Рекомендується з використанням застосунку HP Reveal створювати необхідну віртуальну реальність для проведення ігор і квестів, здійснювати дослідницьке навчання, при цьому «оживляючи» підручник, наповнюючи його власними ілюстраціями у віртуальному просторі. Нова технологія доповненої реальності усуває тригерне зображення та розміщує об'єкти у віртуальному просторі за допомогою відстеження поверхні (Таблиця 1).

Пропонована технологія вміщена у більшість мобільних пристроїв і використовує ARKit для платформи Apple та ARCore для Android. Технології ARKit і ARCore дозволяють адаптувати об'єкт до віртуального простору, змінювати яскравість, накладати його на людей, визначати обличчя і руки тощо. Для запуску додатків Market і ARCore необхідне осучаснення обладнання класних кімнат, однак дотепер використання тригерних зображень переважає в процесі дослідницького навчання на уроках.

Безперечно, предмети математичного циклу є основним фундаментом природничої освіти. З використанням імерсивних технологій IVR пропонується осучаснити методику навчання математики з ефектом занурення у віртуальну реальність з метою навчання учнів основних понять математичної геометрії. На підставі аналізу результатів експериментального дослідження можна зробити висновок про суттєве підвищення рівня мотивації учнів у процесі дослідницького навчання предметів математичного циклу.

Навчальний модуль: Многогранники. Тіла обертання.

Мета: з'ясувати математичні і методичні особливості вивчення даних тем і технологію формування знань понятійного апарату, умінь, означення і зображення елементів різних видів многогранників і тіл обертання (Таблиця 2, Таблиця 3).

Семантичні одиниці модуля: двогранний кут, многогранний кут, геометричне тіло, многогранник, призма, паралелепіпед, піраміда, переріз, тіло обертання, циліндр, конус, сфера, куля, поверхня, площа поверхні.

Завдання: **1).** З'ясувати зміст вище зазначених понять та можливі їх означення в різних підручниках з стереометрії. **2).** На підставі

математичного та логіко-дидактичного аналізу даних тем і пропедевтичного етапу їх вивчення, усвідомити методичні схеми навчання учнями основних структурних елементів теми та технологію реалізації цих схем. **3).** На прикладі вивчення тем «Многогранник», «Тіла обертання» ознайомитись з можливостями використання IVR під час вивчення стереометрії в старшій школі (див. Рис. 6).

Завдання репродуктивного характеру:

1) З'ясувати зміст понятійних семантичних одиниць модуля. **2)** Здійснити порівняльну характеристику наявності означень основних видів многогранників і тіл обертання та їх ідентичності.

Реконструктивні та дослідницькі завдання

1. У чому вбачається провідна роль многогранників у курсі стереометрії?

2. Провести аналогію між многокутниками і многогранниками, кругом і кулею. Чи можливі ситуації хибної аналогії у процесі їх вивчення?

3. Місце аналогії, узагальнення, порівняння, класифікації та інших прийомів розумової діяльності у процесі вивчення теми «Многогранники» та «Тіла обертання».

4. Розробити схему розв'язування задачі на обчислення площі перерізу многогранника та технологію її реалізації на прикладі даної задачі.

Дослідницька задача. Площа бічної грані правильної чотирикутної піраміди дорівнює S . Знайти площу перерізу, який паралельний бічній грані і проходить через центр його основи.

5. Визначити рівень складності та дидактичне призначення запропонованої задачі. Скласти правило-орієнтир.

Задача 1. Три грані паралелепіпеда - прямокутники. Чи впливає з цього, що даний паралелепіпед прямокутний?

Задача 2. Виміри прямокутного паралелепіпеда $3, 4$ і 5 . Під яким кутом нахилена діагональ паралелепіпеда до площини найменшої його грані?

Задача 3. Апофема правильної трикутної піраміди дорівнює m і нахилена до площини під кутом φ . Знайти: 1) висоту піраміди; 2) радіус кола, вписаного в основу; 3) радіус кола, описаного навколо основи; 4) сторону основи; 5) площу бічної грані.

Методична схема вивчення алгоритму (правила)

I. Введення алгоритму (правила). Перший спосіб

1. На моделі розв'язування однієї задачі - трьох задач учні формулюють алгоритм (правило).

2. Формулюються суттєві ознаки дослідницьких задач, які можливо розв'язувати за таким алгоритмом (правилом).

**Аналіз і можливості використання застосунків IVR
для створення освітніх продуктів доповненої реальності**

IVR	Характеристика	Правило-орієнтир
<p>WebAR Вартість: безплатно для QR-коду Платформа створення: веб-простота у використанні: Легко з доданим додатковим Особливості: використовуйте відео, файли 3D-об'єктів, 3D-бібліотеку, додавання взаємодії в AR.</p>	<p>Ресурс WebAR використовує WebXR, в результаті чого проектування здійснюється у браузері. Зникає потреба завантажувати застосунок, що суттєво пришвидшує роботу.</p>	<p>Перейдіть до mywebar.com, оберіть «zareestruvatisya», щоб створити обліковий запис. Оберіть «Додати новий проект». Назвіть проект і виберіть бажаний тип доповненої реальності (QR-код надається безплатно). Оберіть «Створити». Завантажте/використовуйте вміст, доступний у бібліотеці, для накладання QR-коду. Виберіть збережене зображення і просканувати QR-код за допомогою мобільного пристрою.</p>
<p>Halo AR</p>	<p>Застосунок Halo AR - новий спосіб створення розширеної реальності з використанням мобільного застосунку. За кілька простих кроків учні можуть створювати проект на основі зображень, завантажуючи об'єкт, після чого накладаючи поверх нього елементи IVR.</p>	<p>Шари AR можуть бути створені з фотографій, відео або 3D-об'єктів на мобільному пристрої (в т.ч. знайдені в бібліотеці контенту в додатку). Після опублікування досвіду з'являється можливість переглянути його в доповненій реальності.</p>
<p>EyeJack Вартість: відсутня Платформа створення: завантажити застосунок на ПК Простота у використанні: легко Особливості: використовуйте свої відео та аудіо файли</p>	<p>Платформа обмежена додаванням короткого відео над зображенням тригера. Застосунок потрібно завантажити на ПК. Доступне завантаження звуку, щоб включити закадровий голос або навколишній звук.</p>	<p>Завантажити додаток EyeJack на ваш комп'ютер. Завантажте зображення тригера (файл JPG або PNG). Завантажте відео, GIF або PNG на шар над зображенням тригера в розширеній реальності. Збережіть наданий QR-код для перегляду в додатку. Завантажте додаток Eye Jack на свій мобільний пристрій (iOS і Android). Відкрийте програму та виберіть око внизу екрана. Просканувати QR-код (знайдений на кроці 4), а потім перегляньте зображення тригера.</p>
<p>ARize Вартість: безплатно до 10 дослідів. Платформа створення: веб Простота у використанні: легко Особливості: використовуйте свої відео, файли 3D-об'єктів, інтеграцію з Sketchfab і Google Poly, посилання або проект Unity.</p>	<p>Люб'язний і простий інтерфейс. Можливість пов'язати вебсайт з досвідом доповненої реальності унікальна. Більшість інструментів для створення доповненої реальності вимагають завантаження відео на YouTube, але ARize дозволяє завантажувати відео на вебсайт.</p>	<p>Перейдіть на arize.io і оберіть "Розпочати зараз" для створення облікового запису. Оберіть "Створити AR", а потім "натисніть, щоб почати". Виберіть тип AR, який ви хочете додати до тригерного зображення. Завантажте або додайте посилання на вміст зображення тригера та завантажте зображення тригера (лише JPEG). У безплатній версії Arize виберіть «Public» і «Create Post».</p>
<p>Арлоопа Вартість: безкоштовно до 10 днів Платформа створення: веб Простота у використанні: легко Особливості: використовуйте свої відео або посилання з YouTube, завантажуйте файли 3D-об'єктів або посилання з Sketchfab і Google Poly, додавайте посилання на вебсайт, проекти Unity.</p>	<p>Простий і ефективний інструмент доповненої реальності. Передбачено в Arloopa Studio можливість переміщення 3D-об'єктів саме туди, куди ви хочете, в середовищі AR. Користувач може додати кілька об'єктів в одному інтерфейсі AR. Передбачено можливість створення контенту доповненої реальності за допомогою тригерного зображення, з використанням служб відстеження поверхні або визначення місця розташування робить інструмент більш гнучким для використання в класах.</p>	<p>Перейдіть в Арлоопа і оберіть "Створити обліковий запис". Оберіть "Створити новий досвід". Виберіть тип досвіду, який ви хочете застосувати (або використовуючи тригерне зображення, розмістивши досвід в кімнаті та/або розмістивши в певному місці). Оберіть тип AR, який потрібно додати до тригерного зображення. Вставте посилання або завантажте зображення/відео/об'єкт на верхній шар і завантажте зображення тригера. Після налаштування інтерфейсу оберіть опцію «опублікувати».</p>
<p>Асемблер Вартість: безкоштовно з QR-кодом Платформа створення: завантажити додаток на комп'ютер Простота у використанні: Легко з доданим додатковим Особливості: Використовуйте зображення/відео, бібліотеку 3D-об'єктів.</p>	<p>3D-бібліотека Асемблер вирізняється анімованими об'єктами та безліччю навчальних предметів, які можна включити у ваш клас. Допускається більше персоналізації, ніж у інших платформах. Безкоштовні варіанти прийнятні для багатьох класних кімнат, а вартість завантаження налаштованого тригерного зображення (маркера) є доступною.</p>	<p>Перейдіть в Асемблер, завантажте програмне забезпечення на ПК. Оберіть "Створити новий проект" і назвіть проект. Додайте 3D-об'єкти, зображення/відео, які потрібно завантажити у простір. Розташуйте та змініть елементи в області маркера для налаштування віртуального середовища. Виберіть "опублікувати" та завантажте маркер, щоб переглянути створений віртуальний проект.</p>

Таблиця 2

Многогранники

Рівень стандарту	Рівень академічний	Рівень профільний	Поглиблене вивчення
	Двогранний кут. Лінійний кут двогранного кута. Многогранні кути		
	Теорема синусів. Властивості плоских кутів многогранного кута. Основні теореми про тригранний кут		
Многогранники	Многогранник та його елементи. Опуклі многогранники		
Призма	Призма. Пряма і правильна призма. Паралелепіпед		
Піраміда	Піраміда. Зрізана піраміда. Правильна піраміда		
	Елементи геометрії тетраедра		
Площі поверхонь геометричних тіл.	Площа бічної та повної поверхонь призми, піраміди. Правильні многогранники		
	Площі бічної і повної поверхонь зрізаної піраміди. Відношення площ поверхонь подібних многогранників		
	Теорема Ейлера		

Таблиця 3

Тіла обертання

Рівень стандарту	Рівень академічний	Рівень профільний	Поглиблене вивчення
Циліндри. Конуси	Поверхні обертання. Циліндр, конус, зрізаний конус, їх елементи		
	Перерізи циліндра і конуса (осьові перерізи та перерізи площиною, паралельною до основи)		
	Перерізи циліндра і конуса (переріз циліндра площиною, паралельною до його осі; переріз конуса площиною, яка проходить через його вершину)		
	Площина, дотична до циліндра		
	Куля і сфера		
	Переріз кулі площиною		
	Частина кулі (сегмент, сектор, пояс)		
	Площина, дотична до сфери		
	Пряма, дотична до сфери		
	Перетин і дотик двох сфер. Конічні перерізи як джерело кривих другого порядку		



Рис. 6. Схематична модель навчальної теми модуля

(1). Многогранники	(2). Тіла обертання
<ol style="list-style-type: none"> 1. Призма, правильна призма 2. Паралелепіпед (прямий, прямокутний) 3. Піраміда, правильна піраміда 4. Зрізана піраміда, правильна зрізана піраміда 5. Правильні опуклі многогранники (Тетраедр, Октаедр, Ікосаедр, Гексаедр, Додекаедр) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Циліндр 2. Конус 3. Сфера 4. Куля 5. Кульові (сегмент, сектор) 6. Комбінації тіл обертання і многогранників

Дослідницька задача: у конус вписано дві кулі так, що вони дотикаються одна до одної та до поверхні конуса. Відношення радіусів цих куль дорівнює $m:n$ ($m < n$). Визначити кут при вершині осьового перерізу конуса. Визначити рівень складності та дидактичне призначення запропонованої задачі. Скласти правило-орієнтир.

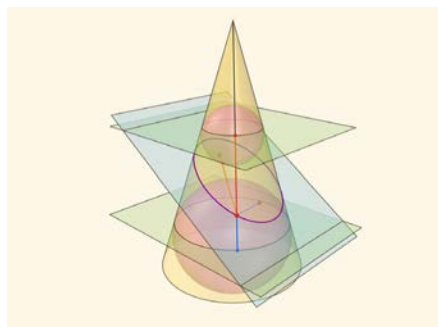


Рис. 7а

Розробити схему розв'язування задачі на обчислення площі перерізу тіла обертання та технологію її реалізації на прикладі даної задачі (див. Рис. 7а, 7б, 7в).

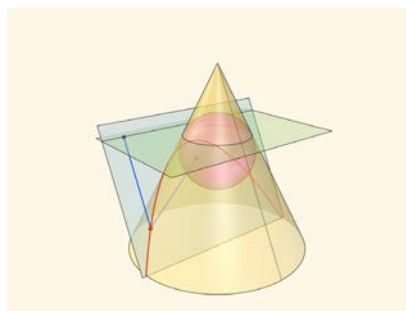


Рис. 7б

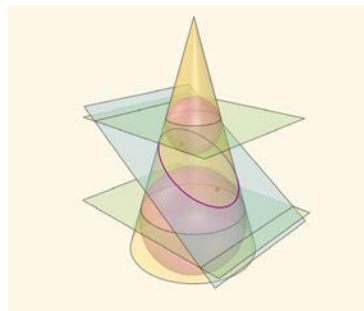


Рис. 7в

Реконструктивні та дослідницькі завдання:

Скласти приклад задачі (Рис. 8а):

- 1) з каскадом умов;
- 2) з каскадом вимог;
- 3) для геометричної фігури (паралелепіеда, правильної призми, зрізаної правильної призми, конуса, циліндра, кулі).

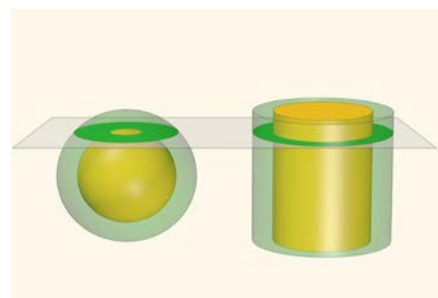


Рис. 8а

Завдання репродуктивного характеру: з'ясувати зміст понятійних семантичних одиниць модуля (див. Рис. 8б). Здійснити порівняльну характеристику наявності означень основних видів многогранників і тіл обертання та їх ідентичності.

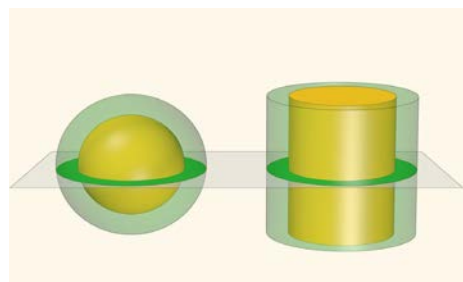


Рис. 8б

Реконструктивні та дослідницькі завдання: дібрати приклади реалізації наступних принципів навчання при вивченні многогранників і тіл обертання (див. Рис.8в): прикладної спрямованості, наступності, реалізації внутрішньопредметних, міжпредметних і метапредметних зв'язків.

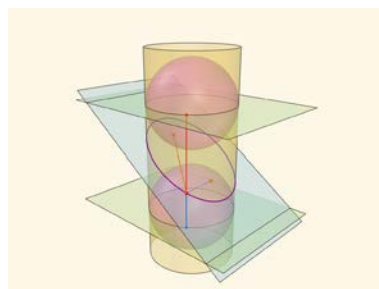
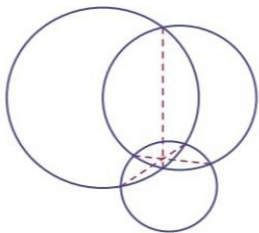
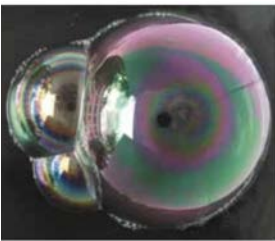


Рис. 8в

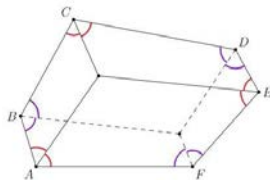
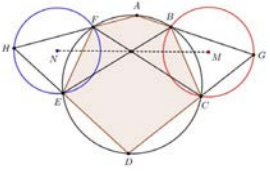
Другий спосіб

1. Учитель пропонує алгоритм (правило) у готовому вигляді.
2. Учитель демонструє, яким чином застосовується алгоритм (правило) в процесі розв'язування певної задачі.
3. Учні формулюють суттєві ознаки задач, які можна розв'язувати за таким алгоритмом (правилом)

<p>Дослідницька задача (див. Рис. 9а, 9б) Три кола попарно перетинаються. Для кожної пари кіл, що перетинаються, провели їх спільну хорду. Доведіть, що три хорди проходять через одну точку. Визначити рівень складності та дидактичне призначення запропонованої задачі. Скласти правило-орієнтир.</p>	 <p>Рис. 9а</p>
<p>Завдання репродуктивного характеру: здійснити порівняльну характеристику наявності означень основних видів тіл обертання та їх ідентичності. Рекомендація: з метою кращої візуалізації в процесі розв'язування задачі учні сфотографували три мильних бульбашки, які дотикаються. Вид зверху представлено у вигляді трьох кіл і трьох спільних хорд, що перетинаються в одній точці.</p>	 <p>Рис. 9б</p>

II. Засвоєння алгоритму (правила). Мета даного етапу полягає в тому, щоб відпрацювати операції, які входять в алгоритм і засвоїти послідовність їх виконання.

III. Використання алгоритму (правила). Мета цього етапу: формування умінь використання алгоритму (правила) в процесі розв'язування задач певного типу.

<p>Дослідницька задача Дано опуклий шестикутник $ABCDEF$, у якого $\angle A = \angle C = \angle E$, $\angle B = \angle D = \angle F$. Бісектриси кутів A, C, E перетинаються в одній точці (див. Рис. 10а). Доведіть, що бісектриси кутів B, D, F теж перетинаються в одній точці.</p>	 <p>Рис. 10а</p>
<p>Реконструктивні та дослідницькі завдання: 1. Дослідити питання щодо доцільності місця використання моделей (каркасних, суцільних, прозорих, комп'ютерних IVR) на різних етапах вивчення многогранників і тіл обертання. 2. Розробити схему розв'язування задачі на обчислення площі перерізу многогранника та технологію її реалізації на прикладі даної задачі (див. Рис. 10б).</p>	 <p>Рис. 10б</p>

Конфіденційність учнів потрібно враховувати не лише під час ведення записів у системі IVR, але й для забезпечення даних задля уникнення накопичення біометричних даних виробниками обладнання і програмного забезпечення віртуальної реальності. Біометричні дані – це автоматизоване розпізнавання на накопичення даних про біологічні та поведінкові характеристики людей, що можуть піддаватися модифікації (наприклад, розпізнавання обличчя, відстежування руху очей, рухи верхніх і нижніх кінцівок тощо). Інтеграція біометрії в імерсивні технології створюватиме проблеми щодо питань згоди й конфіденційного зберігання даних людини. В навчально-виховному процесі учнів необхідно враховувати

наслідки використання імерсивних технологій для забезпечення конфіденційності учнів.

Рекомендації для вчителів щодо виваженого використання IVR. Компонент А. Оцініть освітню цінність використання продуктів віртуальної реальності, відповівши на поставлені нижче запитання:

– Які можливості навчання особливостей апаратного та/або програмного забезпечення, що забезпечують мені виконання дій, відмінних від класичного педагогічного підходу, розширюють його інструменти?

– Чи передбачається в IVR інструменти/можливості, до чого учні не мають доступу в реальному житті?

– Яким чином продукт віртуальної реальності може підвищити цінність моїх уроків? Чи є потреба щодо використання IVR для здійснення експериментального проектування?

– Чи забезпечується використанням продукту IVR можливості, які відповідають педагогічним цілям і підходам?

– Чи відповідають технічним / апаратним вимогам і специфікаціям інтернет-мережі в закладі освіти для ефективного розгортання віртуальної реальності?

– Чи можлива підтримка роботи застосунку віртуальної реальності на пристроях учнів за умови підтримки в закладі освіти політики BYOD?

– Чи узгоджено методичні рекомендації щодо використання IVR з навчальними планами та програмами закладу освіти?

Компонент Б. Проаналізуйте можливості щодо використання віртуального середовища в навчально-виховному процесі учнів. Для забезпечення можливостей створювати свої освітні продукти у віртуальному середовищі, в тому числі з використанням застосунків для створення прототипів, проектування, анотування, забезпечення навігації, учням не потрібно писати код. Наприклад, з використанням Minecraft VR учні створюють моделі органів тіла з урахуванням великих масштабів для забезпечення можливостей проведення екскурсій всередині моделі та за її межами. Під час дослідницького навчання учні здійснювали проектування події шляхом здійснення дослідження і створення 3D-карти, змінюючи при цьому навігацію (наприклад, екскурсія над поверхнею земної кулі, візуально доповнюючи її цитатами з тексту). Важливо враховувати можливість спільного вирішення навчальних завдань у віртуальному середовищі (наприклад, у режимі «мультиплеєр») для забезпечення дослідницького навчання з педагогічно виваженим використанням програмного забезпечення IVR.

Компонент В. Оцініть, якою мірою досвід віртуальної реальності задовольняє потреби Ваших учнів в контексті забезпечення інтелектуального розвитку:

– Чи відповідає наповнення контенту IVR психофізіологічним особливостям учня?

– Яким чином учні можуть реагувати на можливості віртуальної реальності в процесі навчання (наприклад, когнітивний вплив)?

– Чи можуть учні аналізувати мету здійснення маніпуляцій розміром і масштабом об'єктів?

– Чи можуть учні дезорієнтуватися та/або відволікатися, якщо повністю занурюються у віртуальне середовище?

Компонент С. Аналіз та врахування етичних, юридичних аспектів і аспектів безпеки даних:

– Чи навчали учнів питанням безпеки даних, в т.ч. розпізнавання кіберзагроз та реагування на них?

– Чи здійснювався аналіз навчального матеріалу щодо забезпечення охорони праці та техніки безпеки?

– Чи здійснювалися перевірки учнів щодо наявності та/або можливості виникнення захворювань в контексті передумови щодо негативного впливу віртуального середовища?

У процесі створення та поширення VR-контенту було враховано: 1) питання конфіденційності та культури (наприклад, розміщення зображення людей, локалізації, інформаційних повідомлень в рамках використання застосунків VR); 2) інтелектуальна власність (проблема використання власником платформи VR контенту, створеного учнями); 3) авторське право (чи порушуються користувачами/власниками авторські права).

Безпечно та етично використання доповненої реальності. Рекомендації для вчителів.

Компонент А. Оцініть навчальну/освітню цінність продукту доповненої реальності для Вашого класу, використовуючи нижче наведені питання:

– Чи існує суттєва різниця щодо використання AR у процесі виготовлення учнями учнем освітнього продукту?

– Чи підвищується якість і цінність уроків шляхом використання AR?

– Чи можливе створення інноваційного контенту для учнів/вчителів з використанням застосунків AR?

– Яким чином можливе доповнення традиційного навчального матеріалу з використанням застосунків AR?

– Чи відповідають технічним/апаратним вимогам і специфікаціям інтернет-мережі в закладі освіти для ефективного використання застосунків AR?

– Чи можлива підтримка роботи шляхом використання застосунків AR на пристроях учнів за умови підтримки в закладі освіти політики BYOD?

Компонент В. Оцініть, якою мірою досвід використання AR задовольняє потреби Ваших учнів в контексті забезпечення інтелектуального розвитку:

– Чи відповідає наповнення контенту з використанням AR психофізіологічним особливостям учня?

– Яким чином учні можуть реагувати на можливості використання AR в процесі навчання (наприклад, когнітивний вплив)?

– Чи можуть учні аналізувати мету здійснення маніпуляцій розміром і масштабом об'єктів?

– Чи можуть учні дезорієнтуватися та/або відволікатися, якщо повністю занурюються у середовище, де використовуються застосунки AR?

Компонент С. Аналіз та врахування етичних, юридичних аспектів і аспектів безпеки даних:

– Чи навчали учнів питанням безпеки даних, в т.ч. розпізнавання кіберзагроз та реагування на них?

– Чи здійснювався аналіз навчального матеріалу щодо забезпечення охорони праці та техніки безпеки?

– Чи здійснювалися перевірки учнів щодо наявності та/або можливості виникнення захворювань в контексті передумови щодо негативного впливу середовища, де використовуються застосунки AR?

У процесі дослідження особлива увага зверталася на поведінку сенсорної системи дитини, яка має здатність підлаштовуватися під оточуюче середовище. Зорові сенсори адаптуються і дитина (ілюзорно) бачить те, чого раніше не помічала. Непомітне мерехтіння екрану комп'ютера структурується при цьому в логічний відеоряд, при цьому переформатовується не лише зорове сприйняття, а цілковито особистість дитини. В результаті у дитини формується залежність від комп'ютера. Частина інформаційних повідомлень опрацьову-

ється свідомістю людини, а решта – залишається неопрацьованими у вигляді своєрідного подразника, до якої людина повертається щоразу аж до моменту її опрацювання. погляд дитини (зверху – ліворуч, праворуч – донизу і т.д.) спрямовується в залежності від дії сенсорів. Таким чином спрацьовують різні сигнальні системи (зорова, слухова і т.д.). Конкретне розміщення на екрані комп'ютера об'єктів стимулює свідомість дитини, викликаючи активізацію конкретних відділів головного мозку завдяки організації руху очей (знизу на екрані – відчуття і емоції, по горизонталі – звуки, у верхній частині екрану – зорові образи).

Результати опитування підтверджують, що 7% респондентів відволікаються від комп'ютера на дуже короткий термін – лише для задоволення фізіологічних потреб, перебуваючи при цьому у віртуальному середовищі понад 16 годин

Таблиця 4

Результати впливу можливостей використання імерсивної освітньої системи на когнітивні процеси навчання учнів

Критерії впливу IVR	Фіксовані (!) зміни в когнітивних процесах навчання учнів	Результати експериментального дослідження
Рівень інтерактивності VR (ПП)	На підставі аналізу результатів тестування у рамках навчального процесу з використанням різних рівнів «інтерактивності» можна стверджувати про відсутність значних відмінностей ефективності засвоєння навчального матеріалу учнями. Середній рівень «інтерактивності» сприймається учнями ефективніше у порівнянні з низьким рівнем.	$X^2(2)=6,1073$; $p=0,0473$; $t=-12,4453$; $p=0,05$
Рівень інтерактивності VR (ЕП)	Результати навчання учнів в ЕГ з використанням IVR кращі у порівнянні з КГ без використання IVR. Спостерігалось зростання рівня задоволення учнів в залежності від міри використання IVR.	$F(3, 134)=9,9162$; $p=0,0005$ $F(3, 134)=23,6963$; $p=0,0005$
Моделювання емоційних станів учнів	Коефіцієнт емоційного стану учнів суттєво зріс у процесі навчання з використанням IVR. Коефіцієнт емоційного стану учнів суттєво зменшився у процесі навчання з використанням «інтерактивних» відеоматеріалів і е-підручника.	$t(30)=4,732$; $p<0,001$ $t(33)=4,923$; $p<0,001$
Соціальні взаємодії VR	Гра з іншими учнями викликає сильніше почуття загрози у порівнянні з грою супроти комп'ютера. Відчуття просторової присутності IVR міцніші під час гри з другом/учнем у порівнянні з грою супроти комп'ютера. Гра з аватаром викликає міцніше захоплення процесом у порівнянні з грою супроти комп'ютера. Гра з аватаром IVR викликає яскравіший позитивний емоційний зворотний зв'язок у порівнянні з грою супроти комп'ютера.	$F(1, 32)=7,553$; $p=0,010$; $X^2 = 0,19$ $F(1, 32) = 5,222$; $p=0,029$; $X^2=0,14$ $F(1, 32)=17,832$; $p=0,001$; $X^2 =0,363$ $F(1, 32)=24,192$; $p=0,001$; $X^2 = 0,43$
Мульти медійність	Наявність стороннього музичного супроводу IVR сприяє зниженню рівня запам'ятовування учнями вербальних інформаційних матеріалів.	$M=7,65$, $SD=3,734$; $M=11,37$, $SD=3,292$; $F(1,71)=21,99$; $MSE=11,612$; $p<0,0001$
Мульти сенсорність	Використання анімованих віртуальних героїв/агентів IVR не впливає на результат і ефективність навчання учнів.	$X^2(2, N=200)=0,123$; $p=0,94$

(Таблиця 4). У дослідженні проаналізовано кореляційні зв'язки між показниками переваги у ставленні дітей до використання окремих IVR і рівнями інтелектуального розвитку [3].

Знайдені кореляції між показниками переваги у ставленні учнів до використання окремих інформаційних ресурсів IVR і рівнями інтелектуального розвитку учнів для окремих груп IT використовуються для здійснення коригування методики дослідницького навчання (КОМСДН) з метою педагогічно доцільного та методично вмотивованого добору навчальних ресурсів для мінімізації протиріч з урахуванням рівнів інтелектуального розвитку учнів, характерними для конкретної групи учнів.

Дослідницьке навчання учнів математики і музики. З використанням застосунків IVR, розміщених в Oculus Store, учень може брати віртуальну участь у виставі імерсивного театру «The Under Presents». Передбачається активна участь разом з персонажами/ акторами в театральній історії, можливість прийняття рішень, розгадування загадок і дослідження світу. Безперечно, ефективно створено віртуальну виставку-подорож також у форматі MR/VR/AR, причому занурюючись в життя художника Клода Моне, досліджуючи природу і навколишнє оточення, передбачається також участь в створенні його картин. Імерсивні технології використовуються для створення VR фільмів. З метою популяризації й розвитку мистецтва VR/AR у рамках міжнародних фестивалів виокремлено категорію фільмів/сюжетів 360. З використанням технологій MR/VR/AR навчають учнів емпатії, допомагаючи зрозуміти глибину проблеми дослідження із використанням варіативних моделей КОМСДН.

Перевагою щодо використання MR/VR/AR є можливість передавання учнями почуттів без художніх навичок, продуманість деталей проєкту (композиції, дизайну, шрифтів), ґрунтовне вивчення відео/фото матеріалів; використання імерсивних технологій для можливостей відтворення емоцій (TiltBrush), синхронізація аудіо/відео з метою створення емоційних історій (наприклад, накладанням відео минулих часів на локацію в реальності). Йдеться про феномен педагогічної імерсивності, з використанням якого з'являється можливість відтворювати/викликати складні емоції, занурювати учнів у створений і продуманий віртуальний світ, в якому можлива ефективна взаємодія між учасниками/акторами. З метою візуалізації педагогічних процесів використовуються віртуальна, доповнена, змішана реальність і штучний інтелект (Таблиця 5).

Основні переваги використання імерсивних технологій у процесі дослідницького навчання учнів: 1) ефективність пояснення навчального матеріалу завдяки обмеженому використанню інформаційного шуму через занурення, досвід

і емоції; 2) можливість створення міждисциплінарних дослідницьких проєктів через ефективне залучення фахівців з різних галузей знань; 3) розширення креативних можливостей для створення дослідницьких проєктів завдяки технологічності MR/VR/AR.

Висновки і пропозиції. Серед особливостей IVR КОМСДН доцільно виокремити наступні: з використанням логіко-лінгвістичного моделювання суттєво розширилось використання комп'ютера за рахунок неформалізованих раніше галузей знань і сфер діяльності (медицина, біологія, геологія, управління гнучким роботизованим виробництвом і т.д.); з використанням спеціальних формалізмів (логіко-лінгвістичних моделей) декларативних і процедурних знань, представлених в електронній формі, розв'язування задач з використанням комп'ютера здійснюється ефективніше; галузевим фахівцям надається прямий (безпосередній) доступ до комп'ютера в діалоговому режимі з метою розв'язання професійних задач, які при цьому послугуються професійною мовою та програмно-апаратними засобами ШІ [8].

У дослідженні пропонується класифікація систем штучного інтелекту: інтелектуальні інформаційно-пошукові; обчислювально-логічні системи; експертні системи, з використанням яких надає можливість здійснювати ефективну комп'ютеризацію галузей, де знання можуть бути представлені в експертній описовій формі, однак використання математичних моделей, що використовуються в точних науках, сумнівне і часто неможливе [9].

Важливого значення набувають гібридні експертні системи – об'єднання традиційних експертних систем з обчислювально-логічними. Інакше кажучи, в гібридних експертних системах логіко-лінгвістичні моделі використовуються одночасно з математичними [10]. В контексті реформування системи освіти та педагогічно виваженого впровадження КОМСДН у навчально-виховний процес виникає необхідність критичного осмислення можливостей використання технічних засобів в модернізації освітнього процесу та напрацювання дидактичних матеріалів за новими освітніми стандартами. Системи штучного інтелекту (СШІ) орієнтуються на знання, тому подальший прогрес СШІ і КОМСДН пов'язаний з ефективністю вирішення основних проблем: подання знань; комп'ютерної лінгвістики; комп'ютерної логіки, яка набуває важливого значення для розвитку експертних систем, оскільки її мета – моделювання людського мислення і перетворення математичного програмування з мистецтва в науку [3]. Завдяки педагогічно виваженому використанню КОМСДН з'являється можливість, із врахуванням математичних рівнянь, варіативних моделей і ТЗР, обчислити та прогнозувати поведінку досліджуваної системи за різноманітних умов існування.

Таблиця 5

Класифікація застосунків щодо організації VR-контенту в процесі дослідницького навчання предметів природничо-математичного циклу

VR/AR продукт	Характеристика
Віртуальна хімічна лабораторія VR Chemistry LAB	Розроблено комплекс навчально-методичних матеріалів, передбачена система відстеження дій кожного користувача (учня/вчителя). Нові лабораторні роботи можуть створюватися вчителем без супроводу фахівця з ІТ. Здійснено апробацію п'яти пілотних модулів і навчальних занять для учнів середніх класів.
Віртуальна фізична лабораторія	VR-експірієнси представлено навчальним курсом дослідницького навчання фізики. Навчальний матеріал супроводжується демонстрацією досвіду. Учні мають можливість отримати зворотний зв'язок і обговорити правильний варіант відповіді, відповідно вибрати рівень складності щодо виконання завдання. На наступному уроці для закріплення навчального матеріалу пропонуються завдання без підказок і повторення вивченого матеріалу з метою актуалізації знань учнів.
MEL Chemistry VR	Пропонується система уроків з використанням віртуальної реальності з метою візуалізації складного навчального матеріалу з різних тем. Тривалість занять становить 3-7 хвилин, тому вони легко інтегруються в шкільному уроці. На підставі аналізу результатів педагогічного експерименту можна стверджувати, що віртуальні експерименти співвідносяться зі шкільною програмою з хімії та сприяють засвоєнню навчального матеріалу з хімії.
Візуалізація біологічних об'єктів Visual Science	Серед освітніх проєктів необхідно виокремити VR-анімацію вірусів, серію освітніх плакатів з використанням доповненої реальності, "інтерактивні" додатки. Серед основних переваг використання доцільно виокремити наукову точність, методологічну виваженість і високу якість апробованого контенту.
Інтерактивний музей історії Digital Media Lab	Завдяки використанню технології доповненої реальності для кожного експоната (як правило, це з'єднання фізичних макетів битв, озброєнь, зброї, інших типів експонатів) інтерактивний музей стає цікавим сучасному школяреві. В лабораторії Digital Media розроблено фреймворк для створення лабораторій у віртуальній реальності з метою ефективного впровадження освітніх проєктів в процесі дослідницького навчання учнів.
Освітні ігри Luden.io	Інтерактивні VR-візуалізації (наприклад, InMind, InCell) ефективно використовуються з метою популяризації знань про людський організм серед учнів. Контент адаптований для VR-платформ.
Модуль VR-експірієнсів предметів природничо-математичного циклу	Апробоване КОМСДН для проведення в школах навчальних занять з використанням технологій VR/AR. На даному етапі готова серія окремих VR-експірієнсів. Завдання у віртуальній реальності можна інтегрувати в класно-урочну систему. Вчителі отримують навчально-методичні комплекси з предметів природничо-математичного циклу.
CleverAcademyHRVR Діалоговий тренажер для проведення уроків з англійської мови	Розроблено комплекс уроків з англійської мови. Платформа складається з модульних освітніх симуляцій у віртуальній реальності з AI-системою надання зворотного зв'язку за результатами дослідницького навчання і web-порталу зі стандартними функціями LMS. Педагогічно виважене і методично адаптоване використання розмовних сценаріїв, вбудованих у платформу, які ефективно використовуються для здійснення практики розмовної мови на уроках англійської мови.
TvoriVfi	За допомогою програми діти навчаються створювати кіно, мультфільми та анімацію, розвиваючи навички режисури та дизайну. Попри яскраве оформлення програми та ігрову форму навчання, пропонований застосунок використовується як інструмент для навчання, роботи та творчості.
Atlas VR	Застосунок для здійснення моделювання природних і техногенних об'єктів, різноманітних процесів і явищ. В основі програмного комплексу лежить використання космічних знімків і цифрової моделі рельєфу. Використовується можливість у проєктній діяльності демонстрування вигляду різноманітних ландшафтів, створення VR-презентації свого контенту за умови, що вчитель знайомий з системою ГІС.
Майстерня науки Clever - лабораторія VR/AR/MR	Методично змістовно розроблено і реалізовано в програмному вигляді контент в доповненій (для планшетів) і віртуальній (для шоломів) реальностях для навчальних курсів: «Клітинна біологія», «Симетрія молекул і кристалів», «Стереометрія», «Мозок людини» тощо. Типова освітня програма розроблена на основі Державного стандарту базової середньої освіти. Всі заняття узгоджені з освітньою програмою, планується розширення програм і поглиблення контенту навчальних предметів.
Віртуальний клас Rubius	Вивчення питань безпеки життєдіяльності з використанням інструментів віртуальної та доповненої реальностей, в т.ч. візуалізації прихованих параметрів. Основними перевагами платформи є безпека, а також можливість проведення та відпрацювання практичних занять без додаткового обладнання та витратних матеріалів.
ARVR Molecules Editor	Мобільний додаток призначений для візуалізації 3D-зображення молекул органічних і неорганічних сполук в шкільному курсі хімії з використанням окулярів віртуальної реальності типу Google CardBoard. Учні можуть конструювати моделі молекул з одинарними, подвійними та потрійними зв'язками, а також створювати моделі циклічних сполук з використанням смартфонів/планшетів. У процесі наведення камери мобільного пристрою на формулу хімічної речовини, надруковану на аркуші паперу, учень спостерігає та вивчає особливості будови відповідної молекули з використанням 3D-зображення доповненої реальності. У застосунку реалізований режим AR BYOD (Bring Your Own Device).

Smart Education	Програмне забезпечення для вивчення англійської мови. Приділяючи особливу увагу методиці навчання іноземних мов, акценти розставлено на розмовній практиці з використанням системи графів. Передбачається використання декількох сценаріїв для усіх рівнів навчання.
Altair VR	Навчальні фільми 360 різноманітної тематики в форматі віртуальної реальності. Каталог фільмів містить фільми на різні теми, в різних форматах і для різних вікових груп. Наприклад, 3D-фільм про життя вірусів з інформаційним супроводом. Хронометраж фільмів не перевищує 3-50 хвилин.
Google Arts & Culture¹	Віртуальна інтернет-платформа, на якій розміщено сотні музеїв, культурних установ та архівів нашої планети; наймасштабніший онлайн-гід для дослідження мистецтва і культури. за наявності Інтернету можна здійснити віртуальну подорож в різні епохи й познайомитися з досягненнями різноманітних народів. На платформі пропонуються численні напрями досліджень та персоналії; ґрунтовна інформація щодо технік створення шедеврів науки, техніки, мистецтва тощо; зручна тимчасова стрічка із супроводом історії творення; добірки масштабних подій очима художників, фотографів, графіків, скульпторів; понад 400 тис. фотографій високої якості. Наприклад, можна здійснити безліч віртуальних подорожей найгарнішими куточками нашої планети.

Назва продукту	Характеристика	Організація дистанційного навчання
Expeditions Pro	Користувачі можуть створювати, завантажувати, редагувати і публікувати контент в Expedition Pro, щоб надати широкий вибір контенту, який постійно розвивається; імпортувати вміст Google Tour Creator з Poly. Доступна бібліотека VR-експедицій і планів уроків. Матеріали MAIL Science призначені для навчання учнів середньої та старшої школи. Пропонуються можливості віртуального занурення для вивчення будови речовин, подорожі в кристалічних решітках, можливості будувати молекули та досліджувати зв'язки тощо. ExpeditionsPro може запускатися на декількох пристроях, від мобільного телефону до виділеної гарнітури VR без додаткового обладнання.	Допускається крос платформне використання IVR для можливості збереження користувачами свого контенту з Google Expeditions. Використовується в процесі очного і віртуального навчання учнів. Питання і відповіді складені таким чином, що можуть бути інструментом оцінювання, забезпечуючи ефективний зворотний зв'язок класі. Передбачається записування оцінки учнів на платформі без додаткових дій щодо призначення уроків або запису оцінок. Платформа розроблена з урахуванням потреб учителів.
VR Expeditions 2.0	Завдяки партнерству з Encyclopaedia Britannica, VR Expeditions пропонує високоякісний, ретельно підібраний і адаптований контент, а також роздаткові матеріали для учнів і додаткові ресурси для вчителів. Замість того, щоб просто мати зображення та взяти віртуальну екскурсію, студенти зможуть зануритися, по-справжньому зрозуміти та досліджувати вміст, використовуючи ці готові, багаті на дані ресурси. Вчителям не потрібно вигадувати урок, щоб працювати з віртуальними зображеннями. Фотографії/відео з оглядом 360 градусів мають високу роздільну здатність 4K.	Вчителі можуть створювати списки відтворення та зберігати експедиції для автономного навчання без необхідності доступу до Інтернету; можуть відстежувати успішність учнів. VR Expeditions 2.0 – пропріетарна платформа, пропонує різні пакети для шкіл в залежності від сумісності наявного в закладах освіти навчального обладнання.

Список використаної літератури:

1. Альтшуллер Г.С. Найти идею: Введение в теорию решения изобретательских задач. 3-е изд., доп. Петрозаводск: Скандинавия, 2003. С. 18.
2. Hrybiuk O. Problems of expert evaluation in terms of the use of variative models of a computer-oriented learning environment of mathematical and natural science disciplines in schools, [w:] Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie, Zeszyt Nr 79, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (WPP), 2019.: 101-119.
4. Гриб'юк О.О. Дослідницьке навчання учнів предметів природничо-математичного циклу з використанням комп'ютерно орієнтованих методичних систем / О. О. Гриб'юк. Монографія. Київ: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2019.
5. Hrybiuk O. Improvement of the Educational Process by the Creation of Centers for Intellectual Development and Scientific and Technical Creativity. In: Hamrol A., Kujawińska A., Barraza M. (eds) Advances in Manufacturing II. MANUFACTURING 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2019.: 370-382. Springer, Cham Online.
6. Гриб'юк О.О. Педагогічне проектування комп'ютерно орієнтованого середовища навчання дисциплін природничо-математичного циклу. Наукові записки. Випуск 7. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. Частина 3. Кіровоград.: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2015. С. 38-50.
7. Гриб'юк О.О. Рівнева модель дослідницького навчання учнів математики з використанням комп'ютерно орієнтованої методичної системи. Інформаційні технології і засоби навчання, 2020. Том 77. № 3. 39-65.

¹ <https://experiments.withgoogle.com/collection/arts-culture>

8. Гриб'юк О.О. Перспективи впровадження варіативних моделей комп'ютерно орієнтованого середовища навчання предметів природничо-математичного циклу у загальноосвітніх навчальних закладах України. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету. Серія педагогічна. Кам'янець-Подільський: КПНУ, 2016. Випуск 22: Дидактичні механізми дієвого формування компетентнісних якостей майбутніх фахівців фізико-технологічних спеціальностей. С. 184-190.
9. Hrybiuk O. Experience in Implementing Computer-Oriented Methodological Systems of Natural Science and Mathematics Research Learning in Ukrainian Educational Institutions. In: Machado J., Soares F. (eds) Innovations in Mechatronics Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2022.: 55-68. Springer, Cham Online.
10. Гриб'юк О.О. Імерсивні технології в освіті: особливості когнітивного розвитку дитини у віртуальному середовищі в процесі дослідницького навчання. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми: збірник наукових праць. Київ-Вінниця: ТОВ Фірма «Планер», 2020.
11. Hrybiuk O. Mathematical modeling as a means and method of problem solving in teaching subjects of branches of mathematics, biology and chemistry // Proceedings of the First International conference on Eurasian scientific development. «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. 2014. P. 46-53.
12. Hrybiuk Olena. Engineering in Educational Institutions: Standards for Arduino Robots as an Opportunity to Occupy an Important Niche in Educational Robotics in the Context of Manufacturing 4.0, in: Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume 27-32, 2020, p. 770-785.
13. Гриб'юк О. Дослідження розвитку інтелекту: Особливості дослідницького навчання учнів з різними рівнями розвитку інтелекту в закладах загальної середньої освіти України та Польщі. Технології розвитку інтелекту. Том 4, № 3(28), 2020. DOI: <http://doi.org/10.31108/3.2020.4.3.4>
14. Hrybiuk O., Vedishcheva O. Experimental Teaching of Robotics in the Context of Manufacturing 4.0: Effective Use of Modules of the Model Program of Environmental Research Teaching in the Working Process of the Centers "Clever". In: , et al. Innovations in Mechatronics Engineering II. icieng 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. 2022. https://doi.org/10.1007/978-3-031-09385-2_20

Hrybiuk O. Pedagogical design of virtual and augmented reality COMSRL components in exploratory learning of science and mathematics students at school

The study presents the possibilities of pedagogical design with pedagogically significant use of computer-oriented methodological systems of investigative teaching (COMSRL) in the subjects of the natural-mathematical cycle in secondary education institutions, including the use of mixed reality technologies. The main aim of mathematical education is also to develop the ability to mathematically, logically and intelligently investigate the phenomena of the natural world. A number of author's constructors using mixed reality technologies are proposed for the organization of investigative activities of students. Advantages and disadvantages of computer modeling are discussed in the context of educational and methodological activities for their support. The IVR classification and ranking list of popular applications in the experimental study is developed, and, accordingly, a comparative characterization is made by taking into account the features of IVR use by COMSRL. Particular attention is paid to the experimental study of the impact of IVR using immersive technologies on the psychophysiological state and development of intellect of students in the process of research training. In the process of research special attention was paid to the behavior of the sensory system of the child, which has the ability to adapt to the medium. The correlation between benefits in children's behavior towards the use of IVR and the level of children's intellectual development was investigated. The necessity of collecting information resources for increasing creativity, motivation and the level of children's intellectual development has been established, which leads to an increase in the efficiency of research training. The results were found to be significant at $p \leq 0,05$. The data obtained during the experimental study was used to analyze the most relevant in the process of investigative training of students in the natural and mathematical cycle of COMSRL.

Key words: research training; variable models; computer-oriented methodological system of research education; mathematical modeling, artificial intelligence, immersive technologies, mixed reality.