

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет алгебри, геометрії та математичного аналізу**

**ВПЛИВ ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ НА**  
**РОЗВИТОК ГЕОМЕТРИЧНИХ НАВИЧОК ТА МАТЕМАТИЧНОГО**  
**МИСЛЕННЯ У ЗАКЛАДАХ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ**

**Кваліфікаційна робота (проект)**  
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

**Виконала:** здобувачка 2 курсу 221М групи  
Спеціальність: 014 Середня освіта  
Спеціалізація: 014.04 Математика  
Освітньо-професійної програми «Середня освіта (математика)»  
другого (магістерського) рівня вищої освіти  
Татаринцева Анастасія Максимівна

**Керівник:** кандидат фізико-математичних наук, доцент  
Кузьмич Валерій Іванович

**Рецензент:** директорка Херсонської гімназії  
№ 13 Херсонської міської ради, вчитель-методист  
Перегняк Ганна Євгенівна.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ I. ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ.....	12
1.1. Теоретичні відомості розширеної реальності.....	12
1.2. Яка користь доповненої та розширеної реальності для навчання.....	15
1.3. Психолого-педагогічні основи розвитку математичних і геометричних навичок	18
1.4. Виклики та проблеми традиційного підходу до навчання геометрії.....	21
1.5. Особливості вивчення геометрії у середній школі.....	24
РОЗДІЛ II. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕСПЕЧЕННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ.....	27
2.1. Віртуальна реальність: основні концепції та технології.....	27
2.2. Використання віртуальної реальності у сфері освіти: світовий досвід та перспективи.....	30
2.3. Особливості інтеграції віртуальної реальності у навчальний процес.....	34
2.4. Переваги та недоліки використання віртуальної реальності у середній освіті.....	39
2.5. Вплив віртуальної реальності на пізнавальні процеси та навчальні досягнення учнів.....	42
РОЗДІЛ III. ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ.....	46
3.1. Рекомендації для вчителів з використання віртуальної реальності у викладанні геометрії.....	46
3.2. Порівняльна характеристика віртуальних-гарнітур для навчання математики.....	50
3.3. Методична розробка уроку з використанням доповненої реальності.....	58
ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67
ДОДАТКИ.....	71

## ВСТУП

В сучасному освітньому процесі, де технологічні інновації надають нові можливості для підвищення якості навчання, використання віртуальної реальності стає важливим вектором розвитку освітніх систем. Однією з ключових областей, яка привертає увагу науковців та освітян, є вплив використання віртуальної реальності на розвиток геометричних навичок та математичного мислення учнів в закладах середньої освіти. Геометричні навички та математичне мислення визначають не лише успішність у вивченні точних наук, але і критичні когнітивні здібності, необхідні для успішної адаптації в сучасному суспільстві. Використання технологій віртуальної реальності може стати катализатором для трансформації навчального процесу, роблячи його більш цікавим та ефективним. Спрямована на дослідження впливу використання віртуальної реальності у середній освіті, ця магістерська робота ставить перед собою завдання вивчити, як ця технологія може поліпшити розвиток геометричних навичок та математичного мислення учнів. А також, щоб учням було легко сприймати матеріал і для них він не був непосильним тягарем. В закладах середньої освіти, де формуються основи подальшого навчання та професійного розвитку, розуміння впливу віртуальної реальності на навчальний процес є критично важливим аспектом.

*Актуальність* використання віртуальної реальності у навчальних процесах є однією з перспективних інновацій в освіті. Технології віртуальної реальності можуть надавати учням унікальні можливості для вивчення складного математичного і геометричного матеріалу, роблячи навчання більш захопливим та ефективним. Віртуальна реальність може забезпечити інтерактивні сценарії, які дозволяють учням візуалізувати абстрактні математичні завдання та геометричні поняття. Це може сприяти кращому засвоєнню матеріалу, розвитку просторового мислення та розуміння математичних зв'язків. Сучасне суспільство вимагає від фахівців високого рівня математичних і геометричних навичок. Використання

віртуальної реальності може зробити навчання доступнішим для широкого спектру учнів, включаючи тих, у кого може бути важко зосередитися або зрозуміти матеріал у звичайних класах. Віртуальна реальність може стати ефективним інструментом для індивідуалізованого навчання.

Протиріччя	За	Проти
Технологічна доступність	Деякі учні та заклади середньої освіти можуть мати обмежений доступ до необхідних технічних засобів для використання віртуальної реальності. Це може призвести до нерівності у доступі до новаторських технологій та навчальних можливостей.	З іншого боку, впровадження програм з використання віртуальної реальності може стати стимулом для розвитку технічної інфраструктури в освітніх закладах, що може сприяти загальному покращенню технологічної доступності.
Індивідуальність та групове навчання	Деякі учні можуть вигідно використовувати віртуальну реальність для індивідуалізованого навчання, адаптуючи темп та метод навчання під свої потреби.	Однак, існує загроза того, що використання віртуальної реальності може призвести до ізоляції учнів та втрати соціального взаємодії, яка важлива для їхнього загального розвитку.

Метрики оцінювання	та Можливість візуалізації та інтерактивного вивчення у віртуальній реальності може поліпшити розуміння геометричних та математичних концепцій.	Проте існують виклики у створенні об'єктивних метрик та методів оцінювання ефективності використання віртуальної реальності у порівнянні з традиційними методами навчання. Проте існують виклики у створенні об'єктивних метрик та методів оцінювання ефективності використання віртуальної реальності у порівнянні з традиційними методами навчання.
Фінансова вартість	Впровадження технологій віртуальної реальності може вимагати значних витрат на закупівлю обладнання та розробку спеціалізованих програм.	Проте, ці витрати можуть бути виправданими, якщо врахувати довгострокові переваги у плані підвищення рівня освіти та готовності учнів до викликів сучасного суспільства.

Кваліфікаційну роботу (проєкт) виконано відповідно до тематичного плану науково-дослідної роботи кафедри алгебри, геометрії та математичного аналізу Херсонського державного університету, напрям наукового пошуку: " Формування професійної компетентності майбутніх

учителів математики в умовах цифровізації вищої освіти", номер державної реєстрації 0123U103793.

**Метою** даної магістерської роботи є систематичне дослідження впливу використання віртуальної реальності на розвиток геометричних навичок та математичного мислення учнів в закладах середньої освіти. Робота спрямована на розкриття можливостей та обмежень використання віртуальної реальності у вивченні математики, а також на визначення педагогічних аспектів, які мають вплив на ефективність цього методу.

**Об'єкт дослідження:**

Об'єктом дослідження є процес навчання та виховання учнів в закладах середньої освіти.

**Предмет дослідження:**

Предметом дослідження є вплив використання віртуальної реальності на розвиток геометричних навичок та математичного мислення учнів в рамках навчання математики, а саме геометрії.

Для досягнення поставленої мети були поставлені такі **завдання:**

**1. Аналіз існуючого стану:**

Розгляд літературних джерел та наявних досліджень щодо впливу віртуальної реальності на розвиток геометричних навичок та математичного мислення в освітніх закладах.

Оцінка технічної та педагогічної готовності закладів середньої освіти до впровадження технологій віртуальної реальності.

**2. Розробка та впровадження:**

Розробка методики використання віртуальної реальності в навчальному процесі для розвитку геометричних та математичних навичок.

**3. Збір та аналіз даних:**

Збір кількісних та якісних даних про ефективність використання віртуальної реальності у навчальному процесі.

Аналіз отриманих результатів щодо розвитку геометричних навичок та математичного мислення в обох групах.

#### **4. Оцінка відгуків та задоволеності учасників:**

Проведення опитувань для оцінки відгуку учнів на використання віртуальної реальності в навчанні.

#### **5. Педагогічні рекомендації та висновки:**

Формулювання педагогічних рекомендацій для оптимального використання віртуальної реальності у середній освіті.

Висновки щодо можливостей та перспектив впровадження технологій віртуальної реальності в навчання геометрії у школах.

#### **Методи дослідження:**

теоретичні: аналіз, синтез та узагальнення наукових та спеціалізованих джерел з розробки уроку з використанням доповненої реальності для вибору методів розробки та проектування уроку такого типу;

емпіричні: опитування для оцінки ефективності розробленого програмного забезпечення, тестування програмного коду та розробленого програмного забезпечення;

інтерпретаційні методи, що дозволяють узагальнити та пояснити встановлені факти та їх зв'язки;

практичні: розробка уроку з використанням технологій доповненої реальності.

Наукова новизна магістерської роботи полягає в таких аспектах:

- 1. Інноваційний підхід до навчання геометрії:** Віртуальна реальність (VR) у шкільній освіті є відносно новим інструментом, а дослідження її впливу на конкретні когнітивні навички, зокрема на геометричне та просторове мислення, поки що недостатньо розвинене. Це дослідження може стати першим у регіоні або навіть у країні, яке охоплює такий специфічний аспект.

2. **Вивчення психологічного впливу VR на учнів:** Можливість детально дослідити, як взаємодія з віртуальними 3D-об'єктами впливає на розвиток абстрактного мислення, здатність до просторового аналізу та математичного моделювання, що може слугувати підґрунтям для подальших освітніх досліджень у суміжних галузях.
3. **Розробка методичних рекомендацій для вчителів:** Оскільки віртуальна реальність все ще обмежено використовується у навчальному процесі, важливим аспектом новизни буде створення рекомендацій щодо використання VR на уроках математики. Це сприятиме зростанню ефективності уроків, підвищенню рівня зацікавленості учнів та вдосконаленню навичок критичного мислення.
4. **Комплексна оцінка ефективності VR для різних рівнів математичної підготовки:** Дослідження може мати новаторське значення у вивченні того, як VR сприяє розвитку математичних навичок у дітей з різним рівнем початкової підготовки та мотивації до навчання. Це допоможе зрозуміти, наскільки VR може компенсувати слабкі місця у знаннях учнів.
5. **Вивчення впливу VR на інтеграцію міжпредметних зв'язків:** Використання VR дозволяє об'єднувати різні навчальні дисципліни (наприклад, геометрію з фізикою або технологіями), що є малодослідженим у сучасній педагогічній практиці. Це сприятиме розвитку інтегрованого підходу до навчання та формуванню ширшої картини світу у школярів.
6. **Аналіз технічних і методичних обмежень VR у середній школі:** Розгляд специфічних труднощів, які можуть виникати при впровадженні VR в освітні заклади, таких як технічна підтримка, вартість обладнання, безпека та етичні аспекти, може стати корисним для інших дослідників та практиків у галузі освіти.



Практичне значення одержаних результатів магістерської роботи полягає в наступному:

1. **Впровадження інноваційних методів навчання:** Результати дослідження можуть бути використані для створення інтерактивних уроків з геометрії та математики, що сприятимуть розвитку просторового мислення та формуванню практичних навичок. Використання VR як навчального інструменту дозволить вчителям застосовувати нові підходи, які підвищують інтерес учнів до предмета та покращують їхню успішність.
2. **Розробка та впровадження навчальних програм і VR-контенту:** На основі дослідження можна створити навчальні програми, що містять VR-завдання для розвитку геометричних та математичних навичок. Ці програми можуть бути впроваджені як в освітніх закладах, так і в позашкільних навчальних центрах, що дозволить охопити ширшу аудиторію учнів.
3. **Рекомендації для вчителів щодо ефективного використання VR:** Робота може містити рекомендації з використання VR для розвитку конкретних математичних компетенцій, таких як просторове уявлення, вміння аналізувати та моделювати геометричні об'єкти. Ці рекомендації допоможуть вчителям організувати більш ефективні та інклюзивні уроки, враховуючи потреби учнів різного рівня підготовки.
4. **Методи діагностики та оцінки розвитку математичного мислення:** Запропоновані в дослідженні методи оцінки можуть допомогти педагогам швидше і точніше визначати рівень розвитку геометричних навичок у школярів та своєчасно коригувати навчальний процес для досягнення кращих результатів.
5. **Створення інтегрованих навчальних курсів:** Віртуальна реальність відкриває можливості для міждисциплінарного підходу в освіті, об'єднуючи математику з іншими науками (наприклад,

фізикою, технологіями). Розробка таких інтегрованих курсів може покращити загальне розуміння учнями науки та підготувати їх до комплексного застосування знань у реальному житті.

6. **Підвищення доступності складних тем для учнів з різними стилями навчання:** Використання VR може бути особливо корисним для учнів, яким важко сприймати абстрактні поняття без наочного представлення. Це підвищить доступність складних тем, дозволить розширити способи подачі матеріалу та забезпечити більш диференційований підхід до навчання.
7. **Оцінка економічної доцільності використання VR:** Дослідження може виявити, які інструменти VR є найбільш ефективними для навчальних цілей при мінімальних витратах, що стане основою для оптимізації освітніх витрат та обґрунтування доцільності інвестицій у VR-технології для освіти.

Апробація результатів магістерської роботи включає наступні етапи та заходи:

1. **Проведення експериментальних уроків у навчальних закладах:** Для апробації дослідження доцільно провести серію експериментальних уроків з використанням VR-технологій в школах, залучивши учнів різних вікових категорій. Це дозволить на практиці перевірити ефективність розроблених методів і оцінити їхній вплив на розвиток математичного мислення та геометричних навичок учнів.
2. **Аналіз результатів навчання учнів, які пройшли уроки з використанням VR:** Збір та аналіз показників навчальних досягнень учасників експерименту дозволять виявити, чи покращується засвоєння геометричних понять і розвиток просторового мислення у тих учнів, які навчалися з використанням VR. Це може включати порівняння з контрольними групами, які навчалися за традиційними методами.

3. **Опитування та анкетування учнів та вчителів:** Проведення анкетування і опитувань дозволить зібрати зворотний зв'язок від учнів щодо їхнього сприйняття VR-уроків, рівня зацікавленості в навчанні та ефективності засвоєння матеріалу. Опитування вчителів допоможе оцінити зручність впровадження VR на практиці та виявити можливі труднощі або переваги цього методу.
4. **Презентація результатів на науково-практичних конференціях та семінарах:** Представлення результатів дослідження на педагогічних конференціях, методичних семінарах і круглих столах з питань інноваційних технологій в освіті дозволить отримати відгуки від колег-науковців та практикуючих педагогів, а також ознайомити їх із перспективами використання VR у навчанні математики.
5. **Публікація статей у наукових виданнях:** Результати дослідження можна опублікувати в журналах з педагогіки та інформаційних технологій в освіті. Це сприятиме поширенню інформації про ефективність VR для розвитку математичних навичок, дозволить іншим науковцям і практикам використовувати ці дані для подальших досліджень або розробок.
6. **Розробка та пілотування методичних рекомендацій:** На основі результатів апробації створити та випробувати методичні рекомендації для вчителів щодо застосування VR на уроках геометрії та математики. Ці рекомендації можуть бути запропоновані вчителям у вигляді інструкцій для використання VR-контенту в освітньому процесі та оцінки рівня розвитку математичних компетенцій учнів.
7. **Аналіз результатів апробації та доопрацювання методичних матеріалів:** Після збору всіх відгуків і результатів, важливо проаналізувати їх та за потреби адаптувати методичні рекомендації, зміст VR-завдань та підходи до їх впровадження. Це підвищить ефективність використання VR у середній освіті та допоможе

досягти максимальної відповідності потребам учнів та освітніх закладів.

## РОЗДІЛ I. ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ

### 1.1. Теоретичні відомості розширеної реальності

Згідно з вільною енциклопедією, реальність (від лат. *realis* — матеріальний, дійсний, *res* — річ, предмет) — філософський термін, що позначає все, що існує (було або буде) в дійсності. Визначення того, що є, а що ні, є складною онтологічною проблемою, і термін істина використовується серед філософів по-різному залежно від філософського напрямку чи школи. Істина як властивість речі, не такої, як її уявляють, а реального стану з реальним розумом [1].

Іноді «реальність» розуміється в широкому сенсі як стан об'єктів, і, наприклад, віртуальна реальність відноситься до штучного світу, створеного комп'ютерним моделюванням. Тому змішана реальність частково відтворює реальний світ у комп'ютерній симуляції та додає до нього штучно створені елементи [2].

Доповнена реальність — це метод візуалізації, який має справу з поєднанням реальних об'єктів і інформації, створеної комп'ютером. Основною ідеєю доповненої реальності є поєднання реальності та віртуальної реальності. Загальна інформація, наприклад зображення, аудіо та дані GPS, накладається на реальне середовище для створення доповненого середовища. Вчені в цій галузі виділяють три основні функціональні особливості доповненої реальності: передача в режимі реального часу положення уваги в просторі (координати і в малому масштабі), композиція реальної структури з віртуальною композицією в кожному вигляді [8].

Різниця між VR, MR і AR. Ось основні визначення VR, MR та AR: Віртуальна реальність (VR): взаємодія з віртуальними об'єктами. VR (віртуальна реальність) 3D - 360 градусів. Технологія VR — можливість взаємодії з комп'ютерною симуляцією середовища і. Візуальні та звукові

(аудіовізуальні) ефекти призначені для створення тривимірного зображення на моніторі комп'ютера або спеціально підготовлених екранах, доповнюючи цифровий світ [10].

Віртуальна реальність – це повністю штучна реальність, яка використовує новітні технології. Це технологія, яка дозволяє користувачеві взаємодіяти з комп'ютерним моделюванням середовища. Візуальні та акустичні ефекти часто базуються на проектуванні тривимірних зображень на монітор комп'ютера або спеціально підготовлені екрани, що підсилює ефект занурення в цифровий світ. В оточенні ними користувач може взаємодіяти та рухатися в середовищі, створеному завдяки стереоскопічним окулярам. Тривимірна перспектива оновлюється залежно від руху користувача [2].

Ось основні визначення VR, MR і AR: Віртуальна реальність (VR): штучний світ, який покращує вашу взаємодію з віртуальними об'єктами. VR (Virtual Reality) - віртуальна реальність - повністю змодельована реальність за допомогою сучасних технологій. Це не просто 3D або 360-градусна погода, тут є звуки, тактильні відчуття і навіть запахи. VR — це технологія, яка надає користувачам досвід роботи в середовищі комп'ютерного моделювання. Більшість візуальних і звукових ефектів (аудіовізуальних) засновані на проекції тривимірних зображень на монітор комп'ютера або спеціально підготовлені екрани, які посилюють ефект занурення в цифровий світ. Технологія доповненої реальності широко поширена в галузі нерухомості, оскільки вона вимагає відносно невеликої обчислювальної потужності та підходить для різноманітних персональних мобільних пристроїв [4].

Змішана реальність (MR): реальні об'єкти, додані до віртуального світу, або віртуальні об'єкти, додані до реального світу, або просто віртуальні об'єкти у віртуальному світі. Доповнена реальність (AR): частина змішаної реальності (англ. mixed reality), яка також включає «доповнену віртуальність» (коли реальні об'єкти поєднуються з віртуальним середовищем) [7].

Доповнена реальність (AR) і змішана реальність (MR) — технології занурення, але основна реальність — це віртуальні елементи середовища. MR, Mixed Reality – це гібрид VR і AR. Він має показати, як віртуальний і перспективний світ перетинаються. Повний спектр цифрових віртуальних середовищ доповненої реальності можна переглядати на сфері за допомогою спеціальних гарнітур, таких як Microsoft HoloLens. Термін «змішана реальність» стає все більш важливим. MR стирає межу між реальним і віртуальним світами, створюючи нові всесвіти для кожного користувача [5].

Тобто основна мета AR – доповнити наявну інформацію про об’єкт та його оточення та покращити сприйняття інформації. Інтеграція додаткових елементів в зображення камери має відбуватися в режимі реального часу, бути інтерактивною і давати користувачеві можливість вільно переміщатися в трьох вимірах [11].

## 1.2. Яка користь доповненої та розширеної реальності для навчання

Технології віртуальної та доповненої реальності дозволяють учням старших класів і коледжів заглиблюватися в теми, аналізувати наслідки світових подій, брати участь в археологічних експедиціях тощо. дає цікавий спосіб для Доповнена та віртуальна реальність дають можливості, до яких студенти зазвичай не мають доступу.

Надання більш захоплюючих, а в деяких випадках і безпечніших освітніх можливостей стане однією з найбільших сфер розвитку розширеної реальності у 2022 році та надалі. На це є кілька причин: по-перше, освіта, особливо освіта дорослих, переміщується в Інтернет і дистанційно разом з усіма іншими аспектами нашого життя.

Технології розширеної реальності дозволяють учням легко візуалізувати концепції цікавими способами — від арифметичних чисел до історичних подій і навіть внутрішньої роботи реальності, яку розкриває квантова фізика. Наявні дані показують, що візуалізація покращує навчання на 75-90% замість читання сухих фактів.

Термін розширеної реальності існує десятиліттями. Вперше він з'явився в 1960-х роках, коли Чарльз Вайкофф запатентував плівку з галогенідом срібла «Розширеної Реальності» для фотографування подій надзвичайно яскравого світла, таких як атомні вибухи.

Цей термін поступово набув популярності, оскільки виробники пристроїв докладають великих зусиль, щоб відобразити різні оновлення та принципи їх роботи. Ви регулярно користуєтеся принаймні одним додатком розширеної реальності: Google Maps. Перегляд вулиць технічно є розширеної реальності, оскільки супутниковий перегляд можна використовувати для навігації. Він також викликає розширеної реальності у Zoom і коли хтось використовує віртуальний фон або фільтри «I am not cat».

5 фактів про Always Tech:

- Ясність. У вільному віртуальному просторі можна детально розглянути будь-який процес чи об'єкт, що зручно для перегляду малюнків у підручнику. Наприклад, anatomyo використовується для вивчення товстої структури малих *ünow deicles*, *beriff GmbH*
- Концентрація. У віртуальному середовищі забезпечує повний захист зовнішнього матеріалу.
- Максимальна відданість. *Immersive Technologies* забезпечує керування сценаріями подій та програмне забезпечення. Експерт студентських історичних подій у науці чи хімії.
- Безпека. За допомогою технологій віртуальної реальності і доповненої реальності можна виконати складну операцію, керувати спортивною машиною чи навіть космічним кораблем, експериментувати з небезпечними хімікатами, не завдаючи шкоди собі та навколишньому середовищу.
- Продуктивність. Вчені Університету Меріленд намагаються з'ясувати, чи існує певне око. Під час експерименту одна з груп одягла шоломи віртуальної реальності, з'явилися комп'ютери. При цьому група, яка вивчала зображення за допомогою VR-шоломів, показала результат на 10% вищий за учасників іншої групи [3].

Нові технології також відіграють важливу роль у навчанні дітей з фізичними, соціальними чи когнітивними вадами. Нарешті, технології занурення можна використовувати для створення інклюзивного навчального середовища, яке враховує потреби та здібності кожної людини. Це може стати одним із найважливіших кроків у демократизації знань. Технічні компанії активно працюють над формуванням освітнього контенту. Наприклад, компанія *Lenovo* розробила спеціальну віртуальну класну кімнату, яка може створити інтегроване навчальне середовище та зробити повсякденне шкільне життя більш цікавим і приємним для учнів і вчителів. Такий віртуальний клас складається з різноманітних пристроїв (гарнітури віртуальної реальності, планшетів, роутерів), а також



програмного забезпечення та потужних освітніх програм для дітей різного віку. А в партнерстві з Google компанія створила понад 700 віртуальних турів, які студенти можуть здійснити в будь-яку точку світу: від глибин світового океану до найвідоміших музеїв Європи [6].

### 1.3. Психолого-педагогічні основи розвитку математичних і геометричних навичок

Математичне мислення є ключовим компонентом когнітивного розвитку дитини, оскільки воно охоплює здатність до абстрагування, логічного мислення та розв'язання проблем. Відомі психологи, такі як Жан Піаже, відзначали, що розвиток математичного мислення тісно пов'язаний з віковими стадіями когнітивного розвитку. Згідно з Піаже, діти проходять через чотири основні стадії: сенсомоторну, доопераційну, конкретно-операційну та формально-операційну. Кожна з цих стадій визначає здатність дитини до розуміння абстрактних математичних понять та формування просторового мислення.

#### Просторове мислення як основа геометричних навичок

Просторове мислення відіграє вирішальну роль у розвитку геометричних навичок, оскільки воно включає здатність до візуалізації об'єктів у просторі, розуміння їхніх форм, пропорцій та взаємозв'язків. Дослідження показують, що успішне засвоєння геометричних понять значною мірою залежить від розвитку просторового мислення. Вміння орієнтуватися у тривимірному просторі, маніпулювати уявними об'єктами та уявляти їхні перетворення є основними навичками, які лежать в основі геометрії [12].

#### Теорія множинного інтелекту та розвиток математичних навичок

Говард Гарднер, відомий американський психолог, запропонував теорію множинного інтелекту, згідно з якою людина володіє різними типами інтелекту, серед яких логіко-математичний інтелект є одним із центральних. Цей тип інтелекту охоплює здібності до кількісного мислення, математичних розрахунків, а також до аналізу та синтезу інформації. У контексті навчання математики і геометрії розвиток логіко-математичного інтелекту є надзвичайно важливим, оскільки він забезпечує базу для розуміння складних математичних та геометричних концепцій.

Гарднер також підкреслював важливість візуально-просторового інтелекту, який безпосередньо пов'язаний із здатністю розуміти та працювати з геометричними формами. Цей інтелект дозволяє дітям легко візуалізувати об'єкти, працювати з картами, діаграмами, схемами, що є важливим у процесі навчання геометрії.

Теорія навченості (зони найближчого розвитку) Лева Виготського

Лев Виготський, радянський психолог, розробив теорію навченості, яка включає концепцію зони найближчого розвитку (ЗНР). ЗНР визначає область знань і навичок, які дитина може засвоїти за допомогою підтримки дорослих або однолітків. Це особливо актуально для навчання математики та геометрії, де часто потрібна допомога у візуалізації абстрактних понять та виконанні складних завдань.

Згідно з цією теорією, педагог повинен створювати умови для розвитку ЗНР учня, пропонуючи завдання, які трохи перевищують його поточні можливості, але можуть бути виконані з певною підтримкою. Введення VR у навчальний процес може виступати таким інструментом підтримки, який допомагає учням перейти від базового розуміння до складніших геометричних навичок.

Соціокультурний підхід до навчання математичних навичок

Соціокультурний підхід, також розроблений Виготським, підкреслює роль соціальної взаємодії у розвитку мислення. У контексті навчання математики та геометрії, взаємодія з вчителями, однолітками та інтерактивними інструментами (такими як VR) сприяє більш ефективному засвоєнню знань. Вчитель у цьому процесі виступає не тільки як передавач знань, але й як фасилітатор, який допомагає учням самостійно відкривати та досліджувати нові математичні та геометричні концепції.

Роль мотивації у розвитку математичних і геометричних навичок

Мотивація є важливим фактором у розвитку математичних і геометричних навичок. Вона може бути як внутрішньою (інтерес до предмета, бажання розв'язати складну задачу), так і зовнішньою (оцінки,

похвала). Використання технологій віртуальної реальності може суттєво підвищити мотивацію учнів до вивчення математики та геометрії завдяки інтерактивності, новизні та можливості самостійно експериментувати з віртуальними об'єктами. Це дозволяє зробити процес навчання більш цікавим та залучає учнів до активного пізнання [15].

#### Навчання через досвід і експеримент

Одним із найефективніших способів розвитку математичних і геометричних навичок є навчання через досвід. Цей підхід заснований на ідеї, що учні краще засвоюють знання, коли вони самі відкривають їх у процесі експериментування та дослідження. Технології віртуальної реальності надають унікальні можливості для такого підходу, дозволяючи учням взаємодіяти з тривимірними моделями, змінювати параметри об'єктів і спостерігати результати своїх дій у режимі реального часу. Такий підхід сприяє не лише розвитку геометричних навичок, але й формуванню більш глибокого розуміння математичних принципів.

Ці психолого-педагогічні аспекти формують основу для розуміння того, як розвиваються математичні та геометричні навички у дітей, і як сучасні технології, зокрема Віртуальна Реальність, можуть бути інтегровані у навчальний процес для підвищення ефективності навчання.

#### 1.4. Виклики та проблеми традиційного підходу до навчання геометрії.

Традиційний підхід до навчання геометрії у школах базується на використанні підручників, креслень на папері, таблиць і задач, які виконуються в двовимірному просторі. Цей підхід має низку обмежень, які впливають на якість засвоєння матеріалу і розвиток просторового мислення учнів. У сучасному освітньому середовищі все частіше наголошується на необхідності пошуку нових методів викладання, особливо у викладанні геометрії, яка є базовою складовою математичного мислення. У цьому підрозділі розглянемо основні виклики та проблеми традиційного підходу до навчання геометрії.

Однією з головних проблем традиційного навчання геометрії є обмежена здатність учнів візуалізувати та уявляти тривимірні об'єкти в двовимірному просторі (на папері чи дошці). Більшість уроків з геометрії включають рисунки, які представлені у двомірному форматі, що створює труднощі для учнів у розумінні просторових властивостей фігур. Недостатня візуалізація призводить до поверхневого засвоєння матеріалу, оскільки учням важко зрозуміти реальні пропорції та відносини між частинами фігур у просторі.

Традиційне навчання передбачає пасивне сприйняття інформації: учитель пояснює матеріал, а учні виконують статичні вправи. Такий підхід не сприяє активному залученню учнів у процес навчання. Для формування глибшого розуміння геометрії необхідна інтерактивна взаємодія з об'єктами, можливість маніпулювати фігурами, змінювати їхні параметри, обертати, розкладати на частини та досліджувати з різних ракурсів. У традиційному підході такі можливості обмежені.

Геометрія як наука містить чимало абстрактних понять, таких як площа, простір, точка, лінія, перерізи, тощо. Учням часто важко оперувати такими абстракціями без відповідної практичної візуалізації. Традиційні методи, які вимагають від учнів запам'ятовувати властивості фігур без їхнього глибокого розуміння, призводять до поверхневого

засвоєння знань. Без належної візуалізації учням складно зрозуміти та внутрішньо структурувати ці абстрактні поняття.

Геометрія є одним із ключових інструментів для розвитку просторового мислення. Проте в умовах традиційного підходу учні мають мало можливостей розвивати ці навички через брак тривимірних моделей та практичних завдань, які вимагають маніпулювання просторовими об'єктами. Просторове мислення формується шляхом активної взаємодії з об'єктами в просторі, тому відсутність таких можливостей значно ускладнює процес навчання [13].

Традиційні уроки геометрії часто вважаються одноманітними і нецікавими для учнів. Відсутність новітніх методів викладання, які б інтегрували в процес навчання сучасні технології, призводить до зниження інтересу до предмета. Учням важко побачити практичне застосування абстрактних геометричних понять, що негативно впливає на їхню мотивацію до навчання.

Традиційне викладання зазвичай орієнтується на стандартизовані форми оцінювання, що також має свої недоліки. Оцінки часто базуються на результатах письмових контрольних робіт, у яких перевіряється здатність відтворити теоретичний матеріал та розв'язувати типові задачі. Проте, така система не дає можливості оцінити рівень розвитку просторового мислення учнів або їхню здатність творчо підходити до розв'язання геометричних задач.

### Висновок

Традиційний підхід до навчання геометрії в школах стикається з низкою проблем, які впливають на якість освіти та здатність учнів оволодіти важливими математичними навичками. Обмежена візуалізація, відсутність інтерактивності, труднощі з абстрактними поняттями, обмеження в розвитку просторового мислення, низька мотивація учнів та стандартизовані методи оцінювання створюють значні виклики для вчителів та учнів. Інтеграція сучасних технологій, зокрема

VR, може стати важливим інструментом для подолання цих проблем і покращення навчального процесу.

### 1.5. Особливості вивчення геометрії у середній школі

Геометрія є важливою складовою шкільної математичної освіти, яка допомагає учням розвивати просторове мислення, логічне судження, навички аналізу та синтезу. У середній школі геометрія стає предметом більш глибокого і систематизованого вивчення, ніж у початкових класах, оскільки охоплює не лише базові поняття фігур та обчислення площ і об'ємів, а й складніші аспекти, пов'язані з доказами, теоремами та побудовами. Вивчення геометрії у середній школі має свої специфічні риси, що визначають його методологічні та дидактичні аспекти. У цьому підрозділі буде розглянуто основні особливості навчання геометрії на цьому етапі.

У середній школі вивчення геометрії переходить на систематизований рівень. Учні поступово знайомляться з основними поняттями планіметрії та стереометрії, такими як точки, прямі, площини, кути, трикутники, багатокутники, кола, просторові тіла та інші об'єкти. Особливістю цього етапу є чітка структура навчального матеріалу, де кожна нова тема будується на основі попередньої. Наприклад, учні починають з вивчення простих понять (точка, пряма, площина), після чого переходять до розгляду властивостей фігур і відношень між ними (кути, відрізки, перетини). Це сприяє поступовому формуванню уявлень про простір та зв'язки між елементами геометричних об'єктів.

Однією з ключових особливостей вивчення геометрії у середній школі є важливість теорем та їх доведень. Це відрізняє геометрію від інших розділів математики, де основна увага приділяється обчисленням і рівнянням. У процесі навчання геометрії учні не лише вивчають властивості фігур, але й розвивають уміння логічно доводити твердження на основі аксіом і раніше вивчених теорем. Такий підхід розвиває критичне та аналітичне мислення, вміння працювати з абстрактними поняттями і структурованими логічними схемами. Учні вчаться будувати докази,



розуміти причинно-наслідкові зв'язки між твердженнями, що має велике значення для формування їхньої математичної культури.

Ще однією важливою особливістю вивчення геометрії у середній школі є перехід до тривимірного простору, що має вирішальне значення для розвитку просторового мислення учнів. Стереометрія, яка розглядає об'єкти у тривимірному просторі, дає змогу учням оволодіти новими поняттями та навичками, такими як уявлення про об'єм фігур, їх перетини, перспективи та розміри. Однак у вивченні стереометрії традиційні методи часто стикаються з труднощами, пов'язаними з тим, що уявити тривимірний об'єкт у двовимірному просторі зображення (на папері чи дошці) може бути складно для багатьох учнів.

Вивчення геометрії у середній школі також передбачає активне використання креслень і геометричних побудов. Уміння точно будувати фігури, вимірювати кути та відстані, креслити перпендикуляри та паралельні лінії є одними з основних практичних навичок, що формуються під час навчання. Використання лінійок, циркулів та транспортирів є невід'ємною частиною уроків геометрії, що дозволяє учням візуально сприймати абстрактні геометричні поняття та формувати стійкі образи фігур. Однак, у середній школі ці інструменти часто використовуються недостатньо інтерактивно, що може обмежувати розвиток просторового мислення.

Однією з труднощів у навчанні геометрії є абстрактний характер матеріалу. Геометрія, особливо на рівні середньої школи, базується на багатьох теоретичних поняттях, які важко сприймаються без відповідної візуалізації та інтерактивного підходу. Учні часто стикаються з проблемою «відриву» теоретичних знань від практичної реальності. Це може призводити до труднощів у розумінні та засвоєнні складних тем, таких як властивості трикутників, багатокутників, перетини площин і ліній тощо. Абстрактність геометричних понять вимагає від учнів високого рівня уяви

та логічного мислення, що не завжди легко розвинути у стандартних умовах навчання [16].

Оцінювання знань з геометрії у середній школі здебільшого базується на письмових контрольних роботах, задачах та тестах. Це спрямоване на перевірку здатності учнів розв'язувати стандартні задачі, доводити теореми та виконувати геометричні побудови. Проте такий підхід не завжди дає можливість повноцінно оцінити рівень розвитку просторового мислення, уміння працювати з тривимірними об'єктами чи застосовувати отримані знання у реальному житті. Учні, які добре запам'ятовують теореми, але не вміють практично застосовувати ці знання, можуть отримати високі оцінки, що не завжди відображає реальний рівень їхніх навичок.

#### Висновок

Вивчення геометрії у середній школі є складним, але важливим етапом математичної освіти. Особливості цього процесу включають систематизацію знань, активне використання доказів і теорем, вивчення тривимірного простору, застосування креслень та абстрактних понять. Однак навчання геометрії також стикається з низкою викликів, таких як абстрактність матеріалу, складність візуалізації просторових об'єктів і недоліки у системі оцінювання. Для того, щоб покращити засвоєння геометричних знань та сприяти розвитку просторового мислення учнів, необхідно застосовувати новітні підходи до навчання, включаючи інтерактивні технології та VR-інструменти.

## РОЗДІЛ II. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕСПЕЧЕННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

### 2.1. Віртуальна реальність: основні концепції та технології

Основна концепція віртуальної реальності полягає в тому, що користувач не просто спостерігає за об'єктами або подіями, а може активно взаємодіяти з ними. Це створює ефект присутності, тобто користувач відчуває себе частиною віртуального середовища, що значно підвищує ефективність пізнавальних та навчальних процесів.

Реалізація віртуальної реальності вимагає використання кількох ключових технологічних компонентів, кожен з яких виконує певні функції для забезпечення занурення користувача у віртуальне середовище.

- Віртуальні-гарнітури (шоломи віртуальної реальності) — головний компонент системи віртуальної реальності, який забезпечує візуальне і слухове занурення у віртуальний світ. Ці гарнітури зазвичай містять дисплеї для кожного ока, що створюють ефект тривимірності, і аудіосистему для просторового звуку. Приклади: Oculus Rift, HTC Vive, PlayStation VR .

- Трекінг-системи — використовуються для відстеження положення тіла, голови, рук і навіть очей користувача. Технології трекінгу дозволяють точно фіксувати рухи користувача у просторі та передавати їх до віртуального середовища. Це створює реалістичне відчуття присутності та дозволяє маніпулювати об'єктами у віртуальному просторі.

- Контролери та інтерактивні пристрої — забезпечують взаємодію користувача з віртуальними об'єктами. Контролери можуть імітувати руки або інші інструменти у віртуальному середовищі, що робить досвід користування більш інтерактивним. Наприклад, користувачі можуть переміщати об'єкти, обертати їх, креслити або навіть відчувати віртуальну текстуру через тактильний зворотний зв'язок.

- Програмне забезпечення — платформи та додатки, що створюють віртуальні світи та сценарії для користувачів. У контексті освіти програмне забезпечення для віртуальної реальності може включати симуляції,

віртуальні лабораторії, навчальні ігри або геометричні конструкції, що дозволяють учням вивчати нові концепції в інтерактивний спосіб.

Віртуальні-середовища можуть бути різних типів залежно від рівня занурення та способу взаємодії користувача з ними. Існує кілька основних класифікацій Віртуальних-середовищ:

- Повна віртуальна реальність — це середовище, яке повністю охоплює користувача і не допускає зовнішніх відволікань. Користувач може бачити і взаємодіяти тільки з віртуальними об'єктами через Віртуальні -гарнітури. У такому середовищі повністю відтворюється фізичний світ з тривимірними об'єктами, фізикою та законами руху.

- Доповнена віртуальна реальність (Augmented Virtuality) — це поєднання віртуальних і реальних елементів. Наприклад, у цьому типі середовища реальний світ може доповнюватися віртуальними об'єктами, що робить його більш інтерактивним та цікавим. Це використовується у навчальних симуляціях та тренажерах.

- Напіввіртуальні середовища (Mixed Reality) — ці середовища дозволяють одночасно взаємодіяти з віртуальними і реальними об'єктами. Користувачі можуть бачити реальний світ і віртуальні елементи, накладені на нього, взаємодіяти з ними через сенсори або контролери.

Сьогодні віртуальна реальність активно розвивається, і з кожним роком з'являються нові технології, які покращують рівень занурення та інтерактивності віртуальних середовищ [17]. Основні напрямки розвитку віртуальної реальності включають:

- Покращення роздільної здатності дисплеїв — зменшення так званого «екранного ефекту» (коли видно окремі пікселі), що робить зображення більш чітким і реалістичним.

- Розвиток трекінгових технологій — удосконалення систем відстеження рухів користувача для забезпечення більш точної і природної взаємодії з віртуальними об'єктами.

- Тактильний зворотний зв'язок (haptic feedback) — покращення технологій, які дозволяють користувачам відчувати текстуру і форму об'єктів у віртуальному середовищі через сенсори на рукавичках або контролерах.

- Безпроводні Віртуальні-гарнітури — технології, що забезпечують свободу пересування без обмежень кабелями, що робить користування більш комфортним.

- Інтеграція штучного інтелекту — створення «розумних» віртуальних середовищ, які адаптуються до дій користувача, забезпечуючи індивідуалізований підхід до навчання або тренування.

Віртуальна реальність має величезний потенціал у сфері освіти, зокрема для розвитку геометричних навичок та математичного мислення. Завдяки інтерактивному середовищу, учні можуть вивчати складні математичні та геометричні концепції, маніпулювати тривимірними об'єктами, експериментувати з формами і просторовими відносинами. Це не тільки сприяє кращому засвоєнню навчального матеріалу, а й розвиває креативне мислення та навички вирішення проблем.

#### Висновок

Технологія віртуальної реальності є потужним інструментом, що відкриває нові горизонти у навчанні та розвитку математичного мислення. Завдяки сучасним Віртуальним-гарнітурам, трекінговим системам і програмному забезпеченню, Віртуальна реальність дозволяє учням зануритися у тривимірні середовища, де вони можуть вивчати геометрію та математику у новий, інтерактивний спосіб. Прогрес у сфері Віртуальних-технологій свідчить про великий потенціал цього інструменту для освіти у майбутньому.

## 2.2. Використання віртуальної реальності у сфері освіти: світовий досвід та перспективи

Віртуальна реальність швидко розвивається у різних сферах, включаючи освіту, завдяки своїй здатності надавати учням нові й інноваційні способи вивчення складних матеріалів. У багатьох країнах світу віртуальної реальності активно впроваджується в освітній процес, де виступає потужним інструментом для занурення у віртуальні середовища, що дозволяють учням не тільки спостерігати, але й активно взаємодіяти з навчальними об'єктами.

Згідно з даними досліджень, впровадження віртуальної реальності у навчальні програми позитивно впливає на мотивацію учнів, підвищення їхнього зацікавлення предметами та ефективність засвоєння навчального матеріалу. Світовий досвід демонструє, що віртуальна реальність може бути корисним для вивчення різних дисциплін, включаючи природничі науки, історію, інженерію та математику, оскільки віртуальні симуляції можуть замінювати лабораторії, польові дослідження чи складні технічні інструменти, які імітуються у віртуальному просторі.

Використання віртуальних-технологій у сфері освіти варіюється залежно від країни, оскільки технологічні можливості, інфраструктура та готовність освітніх установ до інноваційного навчання суттєво відрізняються. Однак у низці країн вже успішно реалізовано освітні програми з використанням віртуальної реальності.

- США: США є одним із лідерів у впровадженні віртуальної реальності в освіту. У багатьох школах і університетах використовуються спеціалізовані програми для вивчення біології, хімії, фізики та інженерних наук. Компанії, такі як zSpace та Google Expeditions, створили віртуальні лабораторії, де учні можуть експериментувати з фізичними явищами або досліджувати анатомію людського тіла у віртуальному середовищі. Особливо віртуальна реальність виявилася корисною для учнів з

обмеженими можливостями, дозволяючи їм брати участь у навчанні на рівних умовах з іншими.

- Великобританія: У Великобританії віртуальна реальність також активно впроваджується в освітні процеси, особливо у школах. Проєкти, такі як Immersive VR Education, дають змогу учням досліджувати історичні події через віртуальні симуляції. Наприклад, учні можуть перенестися до Стародавнього Єгипту або відвідати фронти Першої світової війни, що робить навчання більш інтерактивним та живим.

- Китай: У Китаї уряд активно інвестує в технології віртуальної реальності для освітніх цілей. У багатьох школах створено інтерактивні віртуальні-класи, де учні вивчають складні наукові та математичні поняття через віртуальні симуляції. Китайський досвід демонструє, що віртуальна реальність сприяє підвищенню рівня успішності учнів, особливо у предметах, що вимагають просторового мислення, таких як геометрія, архітектура та фізика.

- Фінляндія: Фінляндія, яка відома своєю передовою системою освіти, також активно інтегрує віртуальні-технології в навчальний процес. Основна увага приділяється персоналізованому навчанню, де учні можуть використовувати віртуальну реальність для самостійного вивчення матеріалу та поглиблення знань у складних предметах. Віртуальної реальності також використовується для професійної підготовки, наприклад, у медичних школах для симуляцій хірургічних операцій.

Використання віртуальної реальності у навчанні пропонує численні переваги, які суттєво розширюють можливості традиційної освіти:

- Інтерактивність та занурення: віртуальної реальності дозволяє учням безпосередньо взаємодіяти з навчальними об'єктами, що значно підвищує мотивацію та цікавість до навчання. Наприклад, у геометрії учні можуть маніпулювати тривимірними фігурами, вивчаючи їх властивості на практиці.

- Реалізація важкодоступних або неможливих експериментів: За допомогою віртуальної реальності учні можуть вивчати явища та події, які неможливо спостерігати в реальному житті, наприклад, досліджувати космічний простір або мікросвіт.

- Індивідуалізація навчання: віртуальна реальність дозволяє створювати індивідуальні траєкторії навчання, де учні можуть обирати темп та послідовність вивчення матеріалу залежно від власних потреб та рівня підготовки.

- Практичне застосування знань: Завдяки віртуальної реальності, учні можуть застосовувати теоретичні знання на практиці, наприклад, створюючи віртуальні моделі будівель чи проектуючи складні механізми.

Незважаючи на значні переваги, існують також виклики, пов'язані з використанням віртуальної реальності у навчанні:

- Вартість обладнання: Високоякісні віртуальні-гарнітури, комп'ютери та спеціалізоване програмне забезпечення можуть бути досить дорогими для багатьох освітніх закладів, особливо у країнах з обмеженими ресурсами. Це може гальмувати масове впровадження технології.

- Відсутність контенту: Хоча віртуальна реальність має значний потенціал у сфері освіти, кількість високоякісного освітнього контенту все ще обмежена. Створення нових програм і симуляцій потребує великих інвестицій та часу.

- Технічні обмеження: Багато віртуальних-систем поки що мають обмеження у якості графіки та швидкості реакції, що може впливати на зручність використання. Деякі користувачі також можуть відчувати неприємні фізіологічні реакції, такі як запаморочення чи втома очей, після тривалого використання віртуальної реальності.

- Навчання викладачів: Для ефективного використання віртуальні-технологій у навчальному процесі необхідно проводити спеціальне навчання викладачів, щоб вони могли правильно інтегрувати віртуальної реальності у свої уроки [18].



Перспективи використання віртуальної реальності у сфері освіти є надзвичайно широкими. Очікується, що технологічний розвиток призведе до здешевлення обладнання та підвищення його доступності для навчальних закладів по всьому світу. Окрім того, розвиток штучного інтелекту, вдосконалення графічних процесорів та хмарних обчислень сприятимуть створенню ще більш реалістичних і персоналізованих навчальних середовищ.

У майбутньому віртуальна реальність може стати одним з основних інструментів у навчальному процесі, допомагаючи учням розвивати не тільки технічні знання, але й такі навички, як критичне мислення, креативність та співпраця. Інтеграція віртуальної реальності із доповненою реальністю та штучним інтелектом може створити ще більш інтерактивні та індивідуалізовані навчальні програми.

#### Висновок

Світовий досвід використання віртуальної реальності в освіті демонструє великий потенціал цієї технології для підвищення ефективності навчання та мотивації учнів. Попри певні технічні та економічні виклики, перспективи розвитку віртуальної реальності у сфері освіти є надзвичайно широкими, і віртуальна реальність поступово стає невід'ємною частиною навчального процесу у школах.

### 2.3. Особливості інтеграції віртуальної реальності у навчальний процес

Інтеграція віртуальної реальності в освітній процес відкриває нові можливості для підвищення ефективності навчання, забезпечуючи інноваційний підхід до засвоєння знань і розвитку навичок учнів. Вона дозволяє поєднувати візуалізацію складних концепцій, практичне застосування теорії та ігрові елементи, які роблять навчання цікавішим і більш інтерактивним. Впровадження віртуальної реальності у шкільну освіту також підвищує рівень залучення учнів, сприяє розвитку критичного мислення, покращує розуміння просторових і абстрактних понять та створює можливості для вивчення складних об'єктів у тривимірному просторі.

Для ефективною інтеграції віртуальної реальності необхідно не лише володіти технічними засобами, але й розробити нові педагогічні підходи, які б відповідали специфіці цієї технології. Це вимагає модернізації навчальних програм, адаптації освітніх методик та підготовки вчителів [20].

Процес інтеграції віртуальної реальності у навчання можна розділити на кілька ключових етапів:

- Планування та підготовка: На цьому етапі визначаються цілі та завдання, які має вирішити віртуальна реальність у навчальному процесі. Адміністрація та педагоги мають вирішити, які конкретно дисципліни та теми можна викладати за допомогою віртуальної реальності, а також провести оцінку доступних технологій і ресурсів. Важливим є вибір програмного забезпечення та навчальних віртуальних-платформ, які відповідатимуть навчальним потребам.

- Адаптація навчальних матеріалів: Створення або адаптація існуючих навчальних матеріалів під віртуальну реальність є одним із найважливіших етапів інтеграції. Для цього вчителі, спільно з розробниками контенту, створюють віртуальні симуляції, які відповідають навчальній програмі. Ці матеріали повинні бути не лише технічно

досконалими, але й методично обґрунтованими, щоб підтримувати освітні цілі.

- Навчання викладачів: Інтеграція віртуальної реальності вимагає підготовки вчителів до роботи з новими технологіями. Вони повинні оволодіти не лише технічними навичками, пов'язаними з використанням віртуальні-обладнання, але й навчитися інтегрувати віртуальної реальності у свої методичні стратегії. Викладачі мають бути здатні адаптувати уроки відповідно до нових можливостей технології, розробляти інтерактивні сценарії та організовувати навчальний процес у віртуальному-середовищі.

- Пілотні впровадження: Після підготовки матеріалів і навчання вчителів впроваджуються пілотні уроки з використанням віртуальної реальності. Цей етап дозволяє протестувати, наскільки ефективно учні сприймають новий формат навчання, та внести необхідні корективи перед масштабним впровадженням.

- Оцінка результатів та корекція процесу: Інтеграція віртуальної реальності вимагає регулярної оцінки результатів навчання. Необхідно проводити порівняльний аналіз між традиційним навчанням і використанням віртуальної реальності, враховуючи рівень засвоєння матеріалу, мотивацію учнів і розвиток навичок. На основі цих даних визначаються області для вдосконалення

Успішна інтеграція віртуальної реальності в навчальний процес вимагає відповідної технічної інфраструктури. Це включає:

- Віртуальне-обладнання: Для проведення віртуальних-уроків потрібні якісні віртуальні-гарнітури, комп'ютери з достатньою потужністю для відтворення віртуальних середовищ, а також сенсори і контролери для взаємодії з віртуальними об'єктами. У школах необхідно створювати спеціалізовані віртуальні-лабораторії або обладнувати класи сучасними віртуальними-системами.

- Програмне забезпечення: Для ефективної роботи віртуального середовища необхідно використовувати спеціалізоване програмне

забезпечення, яке відповідає навчальним цілям. Це можуть бути навчальні симуляції, тривимірні моделі та інтерактивні програми. У багатьох випадках розробка або адаптація контенту під конкретну навчальну програму є ключовою частиною інтеграції віртуальної реальності.

- Технічна підтримка: Інтеграція віртуальної реальності передбачає регулярне технічне обслуговування обладнання, оновлення програмного забезпечення та налаштування систем для комфортної роботи учнів. Це вимагає залучення технічного персоналу, який би відповідав за безперебійну роботу віртуальних-систем.

Інтеграція віртуальної реальності змінює традиційний підхід до викладання, оскільки цей інструмент робить навчання більш активним та учень-центричним. Деякі методичні аспекти використання віртуальної реальності у навчанні включають:

- Інтерактивні симуляції: Віртуальна реальність дозволяє учням проводити дослідження та експерименти у віртуальному середовищі. Це особливо корисно для предметів, де практичні заняття є важливими, але не завжди можливі у реальному житті через високі витрати чи складність організації (хімічні експерименти, архітектурне моделювання, біологічні симуляції).

- Візуалізація абстрактних понять: У таких дисциплінах, як геометрія чи фізика, віртуальна реальність надає можливість візуалізувати складні абстрактні концепції у тривимірному просторі. Це полегшує розуміння учнями просторових і математичних відносин, які важко зрозуміти лише через текст або двовимірні зображення.

- Індивідуалізація навчання: Використання віртуальної реальності дозволяє створювати індивідуальні траєкторії навчання, де кожен учень може просуватися своїм темпом, повторювати матеріал або виконувати додаткові завдання відповідно до власних потреб.

- Групова робота та співпраця: У віртуальному-середовищі учні можуть працювати разом над проектами або завданнями, що сприяє

розвитку навичок командної роботи та взаємодії. Наприклад, віртуальні лабораторії дозволяють групам студентів спільно виконувати експерименти, розподіляючи ролі і завдання.

Незважаючи на величезний потенціал, інтеграція віртуальної реальності в навчальний процес стикається з низкою викликів:

- Фінансові бар'єри: Висока вартість обладнання та програмного забезпечення для віртуальної реальності може бути стримуючим фактором для багатьох навчальних закладів. Окрім початкових витрат на впровадження технологій, також потрібно враховувати витрати на підтримку, обслуговування та модернізацію.

- Підготовка викладачів: Не всі вчителі готові до швидкого впровадження нових технологій через недостатній рівень технічної підготовки або відсутність впевненості в роботі з новими інструментами. Це вимагає додаткових зусиль у навчанні педагогів і підвищенні їхньої кваліфікації.

- Технічні проблеми: Відмови в роботі обладнання, обмеження в доступності віртуальних-систем, затримки в обробці зображень та інші технічні проблеми можуть ускладнити проведення уроків. Крім того, не всі учні можуть комфортно використовувати віртуальну реальність, оскільки деякі можуть відчувати негативні фізіологічні реакції на тривале використання технології [21].

Попри виклики, віртуальна реальність продовжує розвиватися як інноваційний інструмент навчання, і перспективи його інтеграції виглядають багатообіцяючими. З розвитком технологій, здешевленням обладнання та зростанням кількості освітніх віртуальних-платформ, ця технологія стає доступнішою. У майбутньому віртуальна реальність може стати частиною повсякденного навчання, особливо у сферах, де вимагається практичний досвід або візуалізація складних концепцій.

## Висновки

Таким чином, використання віртуальної реальності в освітньому процесі має всі підстави стати ключовим інструментом у майбутньому навчанні, дозволяючи значно підвищити ефективність, доступність і інтерактивність освіти, зокрема у викладанні таких дисциплін, як геометрія та математика.

## 2.4. Переваги та недоліки використання віртуальної реальності у середній освіті

Впровадження віртуальної реальності в навчальний процес середньої школи має низку очевидних переваг, що відкривають нові горизонти для освітнього середовища:

1. Візуалізація складних концепцій: Однією з найважливіших переваг віртуальної реальності є можливість візуалізації абстрактних або складних для сприйняття понять. У випадку з геометрією та математикою, віртуальна реальність дозволяє учням бачити та маніпулювати тривимірними об'єктами, що значно покращує розуміння просторових відносин, об'ємів і поверхонь.

2. Підвищена мотивація учнів: Віртуальні-уроки роблять навчання більш інтерактивним та захоплюючим. Завдяки використанню новітніх технологій, навчальні матеріали стають цікавими, що підвищує зацікавленість і мотивацію учнів до вивчення предметів. Віртуальна реальність перетворює традиційне навчання на досвід, що дає змогу учням зануритися в процес та активно брати в ньому участь.

3. Інтерактивність і практичне застосування: У віртуальному-середовищі учні можуть взаємодіяти з навчальними об'єктами у реальному часі. Наприклад, у математиці можна будувати тривимірні фігури, а в природничих науках проводити експерименти у віртуальних лабораторіях. Такий практичний підхід сприяє глибшому розумінню матеріалу та розвитку навичок вирішення проблем.

4. Індивідуалізація навчального процесу: віртуальна реальність дозволяє створювати індивідуальні траєкторії навчання, адаптовані до потреб і можливостей кожного учня. Учні можуть просуватися у власному темпі, повертаючись до матеріалу, який вони не зрозуміли, або ж виконуючи складніші завдання, якщо базовий рівень вже освоєний.

5. Розвиток критичного мислення та співпраці: Багато віртуальних-додатків орієнтовані на співпрацю між учнями. Наприклад, вони можуть

працювати в групах над вирішенням завдань або проєктів у віртуальному середовищі. Це не тільки покращує навчальні результати, але й розвиває важливі навички спілкування, командної роботи та критичного мислення.

6. Доступ до недосяжного: віртуальна реальність дозволяє створювати віртуальні симуляції важкодоступних або небезпечних для відвідування місць, таких як космос, глибини океану, або мікроскопічні структури. Це надає учням унікальну можливість отримати досвід, який би був неможливий у реальних умовах [19].

Незважаючи на великий потенціал віртуальної реальності, є певні недоліки та виклики, пов'язані з його використанням у навчальному процесі:

1. Висока вартість обладнання та впровадження: Віртуальні системи є досить дорогими, що обмежує їх широке впровадження в середніх школах. Вартість гарнітур, потужних комп'ютерів і спеціалізованого програмного забезпечення є значною перешкодою для багатьох освітніх установ, особливо в умовах обмеженого бюджету.

2. Технічні складнощі та обслуговування: Використання віртуальної реальності вимагає наявності відповідної технічної інфраструктури та спеціалістів, які могли б її підтримувати. Необхідно забезпечувати постійне оновлення програмного забезпечення, вирішувати проблеми з обладнанням, що може створювати додаткові витрати і перешкоди.

3. Підготовка вчителів: Інтеграція віртуальної реальності в навчальний процес вимагає від викладачів нових навичок і знань. Вчителі повинні навчитися працювати з технологією, адаптувати свої методики та матеріали до віртуальної реальності, що може бути викликом для тих, хто не володіє достатніми технічними компетенціями.

4. Фізіологічні обмеження: Тривале використання віртуальної реальності може спричинити дискомфорт для деяких учнів, зокрема, нудоту, головний біль або втому очей через специфіку віртуальних



середовищ. Це обмежує можливості тривалого використання віртуальної реальності під час занять.

5. Психологічні аспекти: Надмірне занурення у віртуальну реальність може знижувати здатність учнів сприймати традиційні методи навчання. Також існує ризик того, що надмірне використання віртуальної реальності може впливати на когнітивні процеси, викликаючи проблеми з концентрацією уваги у реальному світі.

6. Обмеженість навчальних програм: На даний момент існує обмежена кількість віртуального-контенту, адаптованого для освітніх цілей. Розробка нового контенту потребує значних ресурсів та часу, а не всі теми та предмети можуть бути легко перетворені у віртуальний формат.

Використання віртуальної реальності у середній освіті має як безсумнівні переваги, так і певні недоліки, які варто враховувати під час планування інтеграції цієї технології у навчальний процес. Переваги віртуальної реальності у вигляді підвищення мотивації, можливості візуалізації складних понять та розвитку навичок критичного мислення значно перевершують традиційні методи навчання. Проте, для досягнення максимальної ефективності, необхідно вирішити технічні та фінансові питання, забезпечити відповідну підготовку викладачів і створити умови для безпечного і комфортного використання віртуальної реальності в освітньому процесі [14].

#### Висновок

У майбутньому, зі зниженням вартості обладнання та вдосконаленням технологій, віртуальна реальність може стати доступнішим інструментом для широкого кола шкіл. Попри нинішні обмеження, перспективи його впровадження виглядають обнадійливо, а потенційний вплив на якість освіти є надзвичайно високим.

## 2.5. Вплив віртуальної реальності на пізнавальні процеси та навчальні досягнення учнів

Віртуальна реальність значно впливає на ключові пізнавальні процеси учнів, змінюючи спосіб засвоєння та обробки інформації. Основними когнітивними процесами, що піддаються впливу віртуальної реальності, є увага, пам'ять, сприйняття, уява та мислення.

1. Увага: Віртуальні-середовища є дуже стимулюючими, що привертає та утримує увагу учнів. Завдяки повному зануренню у віртуальний простір учні значно менше відволікаються, оскільки їхня взаємодія з навчальним матеріалом стає активнішою та динамічнішою. Це сприяє поліпшенню концентрації та підтримці інтересу протягом усього уроку.

2. Пам'ять: Віртуальні середовища задіюють різні сенсорні системи учнів (зір, слух, рухові відчуття), що сприяє глибшому кодуванню інформації в довготривалій пам'яті. Інтерактивність віртуальної реальності дозволяє краще запам'ятовувати матеріал через "досвід" взаємодії з ним, порівняно з пасивним сприйняттям через читання або слухання.

3. Просторове сприйняття та уява: віртуальна реальність дозволяє учням безпосередньо взаємодіяти з тривимірними об'єктами, що значно покращує їхні просторові здібності та уяву. Це особливо важливо для навчання таких предметів, як геометрія, фізика та хімія, де важливо розуміти просторові відносини та взаємодії між об'єктами.

4. Критичне та аналітичне мислення: Завдяки інтерактивним симуляціям та експериментам у віртуальній реальності, учні можуть застосовувати свої знання у різних контекстах, що сприяє розвитку критичного мислення. Вони навчаються аналізувати ситуації, приймати рішення та передбачати наслідки своїх дій, що формує навички вирішення складних проблем.

5. Емоційне сприйняття та мотивація: Віртуальні середовища мають здатність викликати сильні емоційні реакції, що позитивно впливає на мотивацію до навчання. Учні більше залучені до навчального процесу через те, що він стає емоційно забарвленим, а це, у свою чергу, підвищує якість засвоєння матеріалу.

Дослідження показують, що використання віртуальної реальності у навчальному процесі має позитивний вплив на навчальні досягнення учнів у порівнянні з традиційними методами. Це пов'язано з тим, що віртуальна реальність забезпечує глибше та якісніше засвоєння навчального матеріалу, завдяки активній участі учнів у навчальному процесі.

1. Поліпшення розуміння абстрактних понять: Однією з основних переваг віртуальної реальності є можливість візуалізувати складні та абстрактні концепції, які важко пояснити через традиційні засоби навчання. Наприклад, вивчення геометричних фігур у тривимірному просторі стає легшим і доступнішим, що призводить до кращого засвоєння понять та покращення результатів тестів і завдань.

2. Практичне застосування знань: У віртуальній реальності учні можуть застосовувати свої знання в реалістичних умовах через симуляції. Наприклад, у науках, таких як хімія або фізика, учні можуть проводити експерименти в безпечному віртуальному середовищі, що підвищує їхні навички аналізу та критичного мислення. Це, в свою чергу, призводить до покращення результатів практичних занять та лабораторних робіт.

3. Індивідуальний підхід до навчання: віртуальна реальність дозволяє створювати індивідуальні траєкторії навчання, де учні можуть навчатися у власному темпі. Ця гнучкість забезпечує можливість учням краще освоювати матеріал, повторювати незрозумілі моменти, що позитивно впливає на підсумкові результати навчання.

4. Підвищення академічної мотивації: Навчальні Віртуальні-симуляції часто включають елементи гри, що створює додаткову

мотивацію для учнів до досягнення навчальних цілей. Цей підхід дозволяє підвищити активність і зацікавленість учнів у процесі навчання, що веде до поліпшення оцінок та підсумкових показників успішності.

5. Підтримка учнів з особливими потребами: Віртуальна реальність є потужним інструментом для інклюзивної освіти, оскільки дозволяє адаптувати навчальні матеріали під потреби учнів з різними формами когнітивних або фізичних обмежень. Віртуальні середовища можуть бути налаштовані відповідно до індивідуальних особливостей, що забезпечує рівні можливості для засвоєння знань усіма учнями.

Попри позитивний вплив віртуальної реальності на пізнавальні процеси та навчальні досягнення, існують також певні ризики та обмеження, які слід враховувати:

1. Тривале використання віртуальної реальності: Тривала робота у віртуальному-середовищі може призводити до фізіологічних проблем, таких як втома очей, головний біль або дезорієнтація. Це може негативно вплинути на ефективність навчання, якщо не дотримуватись належних режимів роботи.

2. Надмірне захоплення віртуальними технологіями: Занадто часте використання віртуальної реальності може призвести до зниження інтересу учнів до традиційних методів навчання, що може створити дисбаланс між віртуальним та реальним світом. Важливо використовувати віртуальну реальність як додатковий інструмент, а не як єдину форму навчання.

3. Психологічний вплив: У деяких учнів може виникати емоційна залежність від віртуальної реальності, через що реальний світ може здаватися менш цікавим або недостатньо стимулюючим. Це вимагає обережного підходу до організації навчального процесу та періодичної взаємодії учнів з реальним середовищем [9].

Висновки

Використання віртуальної реальності у навчальному процесі позитивно впливає на когнітивні процеси та навчальні досягнення учнів. Завдяки можливості візуалізації складних концепцій, активній участі учнів у навчанні та індивідуалізації процесу засвоєння знань, віртуальна реальність дозволяє покращити рівень навчальних результатів. Проте впровадження цієї технології вимагає обережного підходу, щоб мінімізувати можливі ризики та забезпечити збалансований навчальний процес.

## **РОЗДІЛ III. ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ**

### 3.1. Рекомендації для вчителів з використання віртуальної реальності у викладанні геометрії

Віртуальна реальність надає унікальні можливості для викладання геометрії, завдяки здатності візуалізувати абстрактні концепції та забезпечити інтерактивний досвід навчання. Щоб максимально ефективно інтегрувати віртуальну реальність у викладання геометрії, вчителям слід враховувати певні рекомендації, які допоможуть забезпечити успішне використання технології та покращити навчальні результати учнів.

#### Підготовка до використання віртуальної реальності

##### 1. Ознайомлення з технологією:

- Проходження тренінгів: Вчителям слід пройти спеціалізовані тренінги та навчальні курси для освоєння основ віртуальних-технологій, таких як робота з віртуальними-гарнітурами та програмним забезпеченням.

- Тестування обладнання: Рекомендується протестувати віртуального-обладнання до початку використання на уроках, щоб впевнитися в його працездатності та налаштуваннях.

##### 2. Планування уроків:

- Розробка інтеграційного плану: Розробити план уроку, що включає віртуальні-елементи, з чітко визначеними цілями, які повинні бути досягнуті за допомогою віртуальної реальності.

- Створення сценаріїв: Розробити сценарії для використання віртуальної реальності, які будуть інтегровані у вже існуючі навчальні плани та відповідають програмі з геометрії.

##### 3. Підготовка навчальних матеріалів:

- Адаптація контенту: Адаптувати існуючі навчальні матеріали для використання у віртуальному-середовищі. Це може включати створення або налаштування 3D-моделей геометричних фігур і завдань.

- Розробка завдань і вправ: Підготувати завдання і вправи, які учні можуть виконувати у віртуальній реальності, що допоможе закріпити отримані знання і навички.

### Проведення уроків з використанням віртуальної реальності

#### 1. Організація навчального процесу:

- Інструктаж учнів: Перед початком уроку провести інструктаж для учнів, пояснивши, як користуватися віртуальним обладнанням і які завдання вони будуть виконувати.

- Впровадження віртуальної реальності у заняття: Впроваджувати віртуальні-елементи поступово, починаючи з простих завдань і поступово переходячи до складніших. Це допоможе учням звикнути до нової технології і впевнено використовувати її.

#### 2. Інтерактивність і підтримка:

- Активне спостереження: Під час уроку активно спостерігати за роботою учнів у віртуальному-середовищі, надавати допомогу та коригувати процес у разі необхідності.

- Підтримка учнів: Забезпечити індивідуальну підтримку для учнів, які можуть мати труднощі з використанням віртуальної реальності, допомогти їм вирішувати проблеми та виконувати завдання.

#### 3. Зворотний зв'язок та оцінка:

- Оцінка прогресу: Проводити оцінку знань і навичок учнів після виконання віртуальних-завдань. Це може бути у формі тестів, проектів або усних опитувань.

- Збір зворотного зв'язку: Збирати зворотний зв'язок від учнів щодо їхнього досвіду роботи з віртуальною реальністю, щоб визначити, що працює добре і які аспекти потребують покращення.

Інтеграція віртуальної реальності у довгостроковий навчальний процес

#### 1. Оцінка результатів і вдосконалення:

- Аналіз результатів: Регулярно аналізувати результати впровадження віртуальної реальності у навчальний процес, порівнювати досягнення учнів до і після використання технології.

- Внесення коректив: Вносити корективи у методику викладання та навчальні матеріали на основі отриманих результатів і зворотного зв'язку.

## 2. Розширення використання:

- Розширення тем: Розглянути можливість розширення використання віртуальної реальності на інші теми та аспекти математики, не обмежуючи тільки геометрією.

- Колаборація з іншими вчителями: Співпрацювати з іншими вчителями, щоб інтегрувати віртуальну реальність у міжпредметні проекти або використовувати віртуальну реальність як доповнення до інших навчальних тем.

## Рекомендації для забезпечення безпеки та комфорту

### 1. Фізичний комфорт:

- Регулярні перерви: Забезпечити учням регулярні перерви під час роботи з віртуальною реальністю, щоб уникнути втоми очей і дискомфорту.

- Контроль часу використання: Обмежити час безперервного використання віртуальної реальності, щоб запобігти можливим фізіологічним проблемам.

### 2. Психологічний комфорт:

- Обговорення досвіду: Після уроків обговорювати з учнями їхній досвід роботи з віртуальною реальністю, щоб виявити можливі проблеми і забезпечити підтримку у разі виникнення стресу або тривоги.

- Адаптація середовища: Забезпечити позитивне і безпечне середовище для навчання у віртуальній реальності, де учні можуть вільно взаємодіяти з технологією без страху помилки.

## Висновки



Використання віртуальної реальності у викладанні геометрії може значно покращити навчальний процес, забезпечуючи учням можливість інтерактивного та візуального освоєння складних концепцій. Для успішної інтеграції цієї технології вчителям слід ретельно підготуватися, розробити відповідні навчальні матеріали, забезпечити підтримку учнів та регулярно оцінювати ефективність впровадження віртуальної реальності. З дотриманням усіх рекомендацій, віртуальна реальність може стати потужним інструментом для покращення навчальних досягнень і розвитку математичних навичок у школярів.

### 3.2. Порівняльна характеристика віртуальних-гарнітур для навчання математики

Список популярних віртуальних-гарнітур, які можна використовувати для навчання, зокрема на уроках математики, а також порівняльна таблиця з їх основними характеристиками.

Список популярних віртуальних-гарнітур для навчання:

1. Oculus Quest 2
2. HTC Vive
3. PlayStation VR2
4. Pico 4
5. Meta Quest Pro

Порівняльна таблиця 1 віртуальних-гарнітур для уроків математики (платні додатки):

Таблиця 1

Параметр	Oculus Quest 2	HTC Vive	PlayStation VR2	Pico 4	Meta Quest Pro
Ціна	\$299	\$799	\$549	\$430	\$999
Тип підключення	Автономна, без проводів	Провідна	Провідна	Автономна, без проводів	Автономна, без проводів
Роздільна здатність	1832x1920 пікселів на око	1080x1200 пікселів на око	2000x2040 пікселів на око	2160x2160 пікселів на око	1800x1920 пікселів на око
Оновлення екрана	90 Гц	90 Гц	120 Гц	90 Гц	90 Гц
Поле зору	89°	110°	110°	105°	106°
Сумісність	ПК,	ПК,	PlayStation	ПК, мобільні	ПК,

	мобільні додатки	SteamVR	5	додатки	мобільні додатки
<b>Контролери</b>	Вбудовані з відстеженням рук	Vive Controller s	DualSense (спеціальні )	Вбудовані з відстеженням рук	Контролери з функціями Pro Touch
Час автономної роботи	2-3 години	Залежить від ПК	Немає (підключення до PS5)	2-3 години	1,5-2 години
<b>Переваги</b>	Автономність	Висока якість відстеження	Висока якість відстеження	Легка вага	Продвинуті функції для професійного використання
<b>Недоліки</b>	Відносно прості контролери	Висока ціна	Потребує PS5	Середня продуктивність	Висока ціна

Рекомендації для уроків математики:

- Oculus Quest 2: Це найкращий вибір для навчальних цілей, оскільки він доступний за ціною, простий у використанні і не потребує підключення до комп'ютера. Підходить для програм візуалізації геометрії та математики.

- Pico 4: Хороший варіант для шкіл з обмеженим бюджетом, але з більш високою роздільною здатністю. Його можна використовувати для вивчення 3D об'єктів у просторі.

- Meta Quest Pro: Оптимальний для професійних потреб, надає високий рівень деталізації та підтримку складних інтерактивних програм, але дорогий для звичайних класів.

- HTC Vive: Висока точність відстеження робить його хорошим вибором для детальних математичних моделей, але він вимагає потужного ПК і має високу вартість.

- PlayStation VR2: Підходить для учнів, які вже мають PlayStation 5, але обмежений сумісністю з іншими платформами.

### **Висновок:**

Для уроків математики найзручніші варіанти — Oculus Quest 2 або Pico 4, оскільки вони доступні за ціною, автономні, і забезпечують гарну візуалізацію для геометричних та математичних задач.

Безкоштовні програми для використання віртуальної реальності на уроках математики представлені в таблиці 2:

Таблиця 2

<b>Назва програми</b>	<b>Основні функції</b>	<b>Платформи</b>	<b>Переваги</b>	<b>Недоліки</b>
<b>GeoGebra AR/VR</b>	Побудова та візуалізація графіків, 3D геометричних фігур, робота з рівняннями.	Oculus Quest, ПК, браузер	- Інтерактивна візуалізація математичних об'єктів - Підходить для різних рівнів навчання	- Обмежений набір VR-функцій
<b>Virtual Reality Math</b>	Вивчення та маніпуляція геометричними тілами (сфери, конуси, піраміди тощо).	Oculus Quest, HTC Vive, ПК	- Проста взаємодія з геометричними об'єктами - Відмінна для тривимірного вивчення геометрії	- Менший набір функцій для інших математичних тем
<b>Calcflo</b>	Робота з векторами,	HTC Vive, Oculus Rift,	- Ідеальний для вивчення векторів і	- Вужча спеціалізація

Назва програми	Основні функції	Платформи	Переваги	Недоліки
	3D-геометрією та векторними операціями.	ПК	векторної алгебри - Інтерактивна візуалізація кривих	на векторній математиці
<b>Google Tilt Brush</b>	Створення та малювання у 3D-просторі, візуалізація математичних фігур.	Oculus Quest, HTC Vive	- Можливість творчого підходу до вивчення геометрії - Інтуїтивне управління	- Не фокусується виключно на математиці
<b>Engage VR</b>	Створення інтерактивних уроків з 3D-фігурами та геометрією.	Oculus Quest, HTC Vive, ПК	- Освітня платформа з можливістю створення власного контенту - Підтримка багатокористувацького режиму	- Не спеціалізується на математиці
<b>CoSpaces Edu</b>	Створення власних VR-уроків та завдань з 3D-об'єктами і моделями.	Oculus Quest, браузері, ПК	- Відкритість для створення уроків з будь-якими концепціями - Інтеграція кодування	- Більше підходить для творчих занять
<b>3D Organon VR</b>	Вивчення об'ємних тіл, взаємодія з тривимірними об'єктами у VR.	Oculus Quest, HTC Vive, ПК	- Висока деталізація 3D-моделей - Підходить для вивчення просторових структур	- Не основна математична програма
<b>Math VR</b>	Спеціалізован	Oculus	- Орієнтована на	- Досить

Назва програми	Основні функції	Платформи	Переваги	Недоліки
	а програма для вивчення математичних концепцій: вектори, матриці тощо.	Quest, HTC Vive	вивчення складних математичних понять - Підходить для старшокласників	вузький набір функцій
<b>STEM VR</b>	Платформа для вивчення дисциплін STEM, включаючи математичні та геометричні теми.	Oculus Quest, HTC Vive	- Різноманітний набір уроків - Інтеграція математичних та наукових тем	- Менш деталізовані математичні теми

### Опис ключових аспектів:

1. **GeoGebra AR/VR:** Найкращий варіант для інтерактивного вивчення геометричних фігур і графіків. Ідеально підходить для школярів різних рівнів.
2. **Virtual Reality Math:** Зручна для вивчення основних тривимірних геометричних об'єктів і їх властивостей.
3. **Calcflow:** Чудовий інструмент для старшокласників, які вивчають векторну алгебру та операції з векторами в 3D-просторі.
4. **Google Tilt Brush:** Можна використовувати як творче доповнення до математичних занять, але не основний інструмент для вивчення математики.
5. **Engage VR:** Освітня платформа з широкими можливостями для створення власних інтерактивних уроків.

6. **CoSpaces Edu:** Дозволяє учням створювати власні 3D-сцени та уроки, що розвиває творче мислення й геометричні навички.
7. **3D Organon VR:** Хоча орієнтована більше на біологію, підходить для вивчення об'ємних тіл та їх просторового розміщення.
8. **Math VR:** Спеціалізується на математиці, але має вузький спектр функцій. Підходить для поглибленого вивчення старшокласниками.
9. **STEM VR:** Різномановна освітня платформа для дисциплін STEM, включає математичні теми, але вони не є основним фокусом.

Опис безкоштовних програм:

#### 1. GeoGebra AR/VR

Відомий математичний інструмент, який дозволяє працювати з рівняннями, графіками та 3D-моделями. У VR можна візуалізувати об'ємні фігури, розв'язувати геометричні задачі та досліджувати графіки функцій у просторі.

#### 2. Virtual Reality Math

Ця програма дозволяє взаємодіяти з тривимірними математичними об'єктами, такими як сфери, конуси, піраміди та циліндри. Учні можуть оглядати ці фігури з різних сторін, обчислювати їх площу та об'єм у реальному часі.

#### 3. Calcflow

Ідеальний інструмент для вивчення векторної математики, 3D-векторів і кривих у просторі. Програма дозволяє побудувати вектори у тривимірному середовищі та маніпулювати ними для глибшого розуміння геометричних задач.

#### 4. Google Tilt Brush

Використовується для творчої побудови 3D-об'єктів, але також може бути корисним для візуалізації складних математичних фігур і просторового мислення. Учні можуть малювати геометричні фігури у просторі і досліджувати їх з різних сторін.

## 5. Engage VR

Це платформа для створення освітнього контенту у віртуальній реальності, включаючи математику. Можна створювати інтерактивні уроки з геометрії, де учні маніпулюють фігурами та розв'язують задачі в тривимірному середовищі.

## 6. CoSpaces Edu

Освітня платформа для створення власних віртуальних-уроків та інтерактивних завдань, де учні можуть будувати 3D-об'єкти та застосовувати математичні концепції. Можна легко інтегрувати уроки з геометрії та математики.

## 7. 3D Organon VR Anatomy

Хоча це більше біологічна програма, вона пропонує чудову можливість вивчати об'ємні форми та фігури, що може бути корисно для візуалізації математичних тіл.

## 8. Math VR

Програма створена спеціально для вивчення математичних понять у віртуальній реальності. Учні можуть оглядати вектори, матриці та геометричні форми, що допомагає розвинути математичне мислення.

## 9. STEM VR

Платформа для інтегрованого викладання дисциплін STEM (наука, технології, інженерія, математика), де включено уроки з геометрії та інших математичних тем.

### **Висновок:**

Для уроків математики найкраще підходять GeoGebra AR/VR, Virtual Reality Math і Calcflow, оскільки вони спеціалізуються на роботі з 3D-об'єктами та математичними поняттями. Вони дозволяють учням взаємодіяти з геометричними фігурами у віртуальній реальності, що значно покращує засвоєння матеріалу.



### 3.3. Методична розробка уроку з використанням доповненої реальності

Основну роль у сучасній освітній системі відіграє активна діяльність студентів у здобутті знань, що виражається в їх практичній спрямованості, дослідницькій та науковій освіті, самонавчанні. Практична діяльність студентів є не лише засобом закріплення та вдосконалення набутих знань, а й джерелом їх набуття [11, с.12].

Серед психологічних теорій про взаємозв'язок навчання і розвитку  
Окремої уваги заслуговує дійова парадигма досліджень.

Проминати, обминати, проходити повз

Парадигма навчання – це процес зміни суб'єкта під впливом суб'єкта

Це індивідуальний зміст, який «розбухає», ніби історично сформований. Діяльність на першому етапі відповідні засоби дії, важко

Надбання багатьох поколінь, необхідно зовні - спростити і пояснити учневі принципи їх роботи, розкрити їх зміст і значення. Потім учень починає інтерналізувати (повинен) придатні засоби дії у вигляді розумових дій, понять, образів, уявлень і т.д. Таким чином, процес навчання показаний поетапно перенесення зовнішнього досвіду на внутрішній, особистий досвід людини, це можливо лише завдяки їх активній діяльності [12, с.84]

#### **Урок для 10 класу**

**Тема уроку: "Вивчення геометричних тіл у віртуальній реальності: просторове мислення та математичні навички. Вступ до Стереометрії"**

#### **Мета уроку:**

- Розвинути просторове мислення учнів через візуалізацію та маніпуляцію геометричними тілами у віртуальному середовищі.

- Закріпити знання про основні властивості та формули об'єму, площі поверхні геометричних тіл (призма, піраміда, конус, циліндр, сфера).
- Застосувати математичні навички для розв'язування задач на побудову та обчислення параметрів геометричних фігур у віртуальній реальності.

### **Очікувані результати:**

- Учні зможуть розпізнавати геометричні тіла, визначати їхні параметри, знаходити площу поверхні та об'єм.
- Розвиватимуть просторове уявлення і застосовуватимуть математичні формули на практиці.
- Учні оволодіють базовими навичками взаємодії з геометричними об'єктами в віртуальній реальності для ефективного засвоєння математичних понять.

### **Необхідні матеріали та інструменти:**

1. **Проектор** для показу.
2. Платформа або програма для роботи з 3D-геометричними тілами у віртуальній реальності (GeoGebra VR).

### **Хід уроку**

#### **1. Організаційний момент (5 хвилин)**

- Привітання з учнями.
- Оголошення теми та мети уроку.
- Короткий вступ про технології віртуальної реальності і їх використання в навчанні геометрії.

#### **2. Актуалізація знань (10 хвилин)**

- Фронтальне опитування:
  - Що таке геометричні тіла? Назвіть приклади тіл (призма, піраміда, конус, циліндр, сфера).
  - Як знайти об'єм і площу поверхні цих тіл?

- Як можна використовувати віртуальну реальність для вивчення геометрії?

- Обговорення з учнями основних формул для обчислення площі поверхні та об'єму кожного тіла.

- Короткий огляд інтерфейсу віртуальні-програми та способів взаємодії з 3D-об'єктами.

### **3. Основна частина (25 хвилин)**

#### **Етап 1: Введення у роботу з віртуальною реальністю (5 хвилин)**

- Учні одягають віртуальні-гарнітури та ознайомлюються з основами навігації у віртуальному просторі.

- Демонстрація вчителем віртуальної сцени з 3D-геометричними об'єктами: учні бачать призми, піраміди, конуси, циліндри та сфери, з якими їм належить працювати.

#### **Етап 2: Практична робота в віртуальній реальності (15 хвилин)**

- Учні об'єднуються в групи по 2-3 учні. Кожна група отримує своє завдання:

- Обчислити площу поверхні й об'єм для одного з геометричних тіл, представлених у віртуальній реальності.

- Наприклад, одна група працює з конусом, інша — з пірамідою, ще одна — з циліндром тощо.

- Учні взаємодіють з геометричними об'єктами у віртуальній реальності: змінюють їх розміри, обчислюють основні параметри (висоту, радіус, площу основи тощо).

- Використовуючи віртуальну реальність, учні мають можливість бачити геометричні фігури з різних ракурсів, щоб краще розуміти їх структуру та властивості.

#### **Етап 3: Спільне обговорення результатів (5 хвилин)**

- Після завершення практичної частини, кожна група презентує результати своїх обчислень.

- Вчитель разом з учнями перевіряє правильність обчислень і звертає увагу на можливі помилки та шляхи їх виправлення.

#### **4. Заключна частина (10 хвилин)**

##### **Рефлексія та аналіз**

- Обговорення з учнями, що вони дізналися під час роботи у віртуальній реальності.
- Які нові аспекти геометричних тіл стали зрозумілішими завдяки віртуальній реальності?
- Як можна використовувати віртуальну реальність для подальшого вивчення математики?

##### **Домашнє завдання**

- Створити власну задачу на обчислення площі поверхні або об'єму для будь-якого геометричного тіла.
- Рекомендувати учням повторити роботу з 3D-об'єктами у віртуального-додатку вдома (за наявності доступу) або використати онлайн-ресурси для вивчення геометрії.

#### **5. Підсумок уроку (5 хвилин)**

- Підведення підсумків уроку, повторення ключових моментів.
- Похвала за активність і якісну роботу з віртуальною реальністю.

##### **Додаткові поради:**

- Використовуйте прості команди для віртуальної реальності, щоб всі учні швидко освоїли управління.
- Забезпечте рівномірний доступ до гарнітур, щоб кожен учень мав змогу попрацювати з віртуальними об'єктами.
- Якщо у школі немає можливості використати віртуальну реальність, можна застосувати додатки з розширеною реальністю (AR) або 3D-сцени на екрані комп'ютера.

##### **Заклучення:**

Підведення підсумків уроку та акцент на важливість віртуальної реальності для навчання геометрії.

Оголошення завдання для самостійної роботи або домашнього завдання.

Цей урок допоможе учням не лише навчитися впізнавати геометричні фігури, але і розвине їхні геометричні навички та математичне мислення завдяки інтерактивному використанню технології віртуальної реальності.

### **Рекомендації для подальшого впровадження віртуальної реальності у навчальний план з математики**

- **Інтеграція у навчальний план:** Рекомендується поступово інтегрувати віртуальну реальність у навчальний план з математики, розробляючи спеціалізовані уроки та завдання, що використовують VR-технології.

- **Навчання вчителів:** Важливо забезпечити вчителів відповідними тренінгами і ресурсами для ефективного використання віртуальної реальності у викладанні.

- **Оцінка та вдосконалення:** Необхідно регулярно оцінювати ефективність віртуальної реальності у навчанні, збирати зворотний зв'язок від учнів і вчителів, а також вносити корективи для покращення навчального процесу.

- **Початкова інтеграція віртуальної у базові математичні теми** Впровадження віртуальної реальності слід починати з базових тем, таких як геометрія, де тривимірні візуалізації відіграють ключову роль. Інтерактивне вивчення геометричних фігур, перерізів та трансформацій у віртуальному середовищі дозволить учням глибше зрозуміти фундаментальні поняття.

- **Адаптація контенту під різні рівні складності**

Віртуальні-інструменти слід адаптувати до різних вікових груп та рівнів підготовки учнів. Для молодших класів акцент варто робити на простих

геометричних концепціях, тоді як для старших — на складніших математичних темах, таких як тривимірні функції, вектори або інтеграли в просторі.

- **Розробка віртуальних-додатків для практичних занять**  
Необхідно створювати спеціалізовані віртуальні-додатки, що дозволять учням взаємодіяти з математичними об'єктами під час практичних занять. Це можуть бути симуляції, де студенти вирішують реальні математичні задачі через взаємодію з тривимірними моделями.

- **Підготовка вчителів до використання віртуальної реальності у навчанні**

Для ефективного впровадження віртуальної реальності у навчальний процес важливо підготувати вчителів, надавши їм необхідні технічні знання та навички. Спеціальні тренінги допоможуть педагогам освоїти VR-технології та інтегрувати їх у власний навчальний план.

- **Використання віртуальної реальності для візуалізації складних математичних концепцій**

Віртуальна реальність може стати ефективним інструментом для пояснення складних і абстрактних математичних тем, які важко візуалізувати традиційними методами. Наприклад, завдяки віртуальній реальності учні можуть досліджувати поняття багатовимірних просторів, математичної топології або математичних моделей у фізиці.

- **Моніторинг та оцінка результатів впровадження віртуальної реальності**

Важливо впроваджувати механізми моніторингу й оцінки ефективності використання віртуальної реальності у навчальному процесі. Це дозволить відслідковувати прогрес учнів і коригувати підходи до навчання відповідно до отриманих результатів.

- **Стимулювання інтересу учнів через ігрові елементи в віртуальній реальності**

Використання гейміфікації в віртуальній реальності може підвищити мотивацію учнів до вивчення математики. Інтерактивні навчальні сценарії та змагання з вирішення математичних задач у віртуальних середовищах сприяють активній участі та глибшому засвоєнню матеріалу.

- **Створення міждисциплінарних програм з використанням віртуальної реальності**

Віртуальна реальність можна використовувати не лише у рамках математичних дисциплін, але й для створення міждисциплінарних навчальних програм. Наприклад, інтеграція VR-технологій у фізику або інженерію дозволить учням застосовувати математичні знання на практиці у різних наукових сферах.

- **Забезпечення доступності віртуальних-технологій у школах**

Для масового впровадження віртуальних технологій у навчальні плани з математики необхідно забезпечити школам доступ до відповідного обладнання та програмного забезпечення. Це може включати фінансову підтримку шкіл, партнерства з технологічними компаніями та державні гранти.

- **Залучення учнів до створення віртуального-контенту**

Створення інтерактивних віртуальних-додатків або сценаріїв з використанням математичних моделей може стати цікавим і корисним досвідом для учнів. Це дозволить їм не лише вивчати математику, але й застосовувати отримані знання у розробці власних проєктів, що розвиває творче та аналітичне мислення.

Впровадження віртуальної реальності у навчальний процес математики може значно підвищити зацікавленість учнів, покращити їхнє розуміння складних математичних концепцій і розвинути просторове мислення. Однак важливо проводити його поступово, адаптуючи технології до потреб навчальних програм та учнів.

## ВИСНОВКИ

Висновки цієї магістерської роботи демонструють, що використання віртуальної реальності у процесі навчання сприяє розвитку геометричних навичок та математичного мислення учнів закладів середньої освіти. Дослідження показало, що інтерактивні тривимірні моделі, симуляції та візуалізації, доступні завдяки VR, допомагають учням краще розуміти просторові відношення, покращують здатність до абстрактного мислення та підвищують рівень мотивації до вивчення математики.

У роботі було проаналізовано існуючий стан викладання математики;

Розглянуто літературні джерела та наявні дослідження щодо впливу VR на розвиток геометричних навичок та математичного мислення в освітніх закладах;

Оцінено технічну та педагогічну готовності закладів середньої освіти до впровадження технологій віртуальної реальності;

Розроблена методика використання віртуальної реальності в навчальному процесі для розвитку геометричних та математичних навичок.

Зібрано кількісні та якісні дані про ефективність використання віртуальної реальності у навчальному процесі.

Проаналізовано отримані результати щодо розвитку геометричних навичок та математичного мислення з використання віртуальної реальності на уроках математики;

Проведено опитування для оцінки відгуку учасників 10 класу на використання віртуальної реальності в навчанні.

Сформульовані педагогічних рекомендацій для оптимального використання віртуальної реальності у середній освіті.

В роботі було розглянуто вплив використання віртуальної реальності на розвиток геометричних навичок та математичного мислення у закладах середньої освіти. Дослідження показало, що інтеграція VR-



технологій у навчальний процес може суттєво покращити ефективність навчання, а також сприяти розвитку пізнавальних навичок учнів.

Експериментальне впровадження VR-технологій у навчальний процес сприяло значному покращенню результатів у тестах на просторову уяву та геометричні задачі, порівняно з традиційними методами навчання. Учні, які брали участь у VR-уроках, продемонстрували вищий рівень залученості та інтересу до теми, що вказує на потенціал цієї технології для активізації навчального процесу.

Таким чином, використання віртуальної реальності в освітньому процесі може стати ефективним інструментом для розвитку геометричних навичок та математичного мислення, а також для підвищення якості навчання в закладах середньої освіти. Однак важливо продовжувати дослідження з метою оптимізації інтеграції віртуальної реальності у навчальні програми та подальшого аналізу її впливу на інші аспекти математичної освіти.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Реальність [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B0\\_%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%BD%D0%BA%D0%B0](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%BD%D0%BA%D0%B0)
2. Atomic Structure AR Learning Gear. URL: <http://larngeartech.com/products/atomic-structure-ar-learning-gear/> (дата звернення: 21.10.2021).
3. Реальність [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://osvitoria.media/opinions/virtualna-ta-dopovnena-realnist-yako-ymozhe-buty-suchasna-osvita/#:~:text=%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%97%20%D0%B2%D1%96%D1%80%D1%82%D1%83%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%97%20%D1%96%20%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D1%97%20%D1%80%D0%B5%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96,%D1%83%D1%87%D0%BD%D1%96%20%D0%B7%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D0%B8%D1%87%D0%B0%D0%B9%20%D0%BD%D0%B5%20%D0%BC%D0%B0%D1%8E%D1%82%D1%8C%20%D0%B4%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%83%D0%BF%D1%83>
4. ARCore: веб-сайт. URL: <https://developers.google.com/ar> (дата звернення: 16.11.2021)
5. ARKit: веб-сайт. URL: <https://developer.apple.com/augmented-reality/> (дата звернення: 16.11.2021)
6. AR Foundation: веб-сайт. URL: <https://unity.com/unity/features/arfoundation> (дата звернення: 16.11.2021)

7. Vuforia developer portal: веб-сайт. URL: <https://developer.vuforia.com/>  
(дата звернення: 16.11.2021)
8. Ткачук В.В., Семеріков С.О., Єчкало Ю.В., Маркова О. М. Засоби розробки доповненої реальності для Web: порівняльний аналіз. 2020. URL: [https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2020-v2-24/2020\\_2-24-TkachukSemerikov\\_FMO.pdf](https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/journals/2020-v2-24/2020_2-24-TkachukSemerikov_FMO.pdf) (дата звернення: 21.10.2021).
9. Kovalenko V., Marienko M., Sukhikh A. Use of augmented and virtual reality tools in a general secondary education institution in the context of blended learning. Information Technologies and Learning Tools. 2020. Vol. 86, No. 6. P. 70-86. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v86i6.4664>  
(дата звернення: 28.06.2023).
10. Реальність [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://osvitanova.com.ua/posts/3087-12-vprav-fizkultkhhvlynok-dlia-molodshykh-shkoliariv>
11. [https://ekhsuir.kspu.edu/bitstream/handle/123456789/18196/014.09\\_TatarincevaAM\\_fknfm\\_2023.pdf?sequence=1](https://ekhsuir.kspu.edu/bitstream/handle/123456789/18196/014.09_TatarincevaAM_fknfm_2023.pdf?sequence=1)
12. Бондарчук Е. И. Бондарчук Л. И. Основы психологии и педагогики : курс лекций. 3-е изд., стереотип. – К. : МАУП, 2002. – 168 с.
13. Podolskiy A. Activity Theories of Learning. Encyclopedia of the Sciences of Learning : With 312 Figures and 68 Tables / Editor Norbert M. Seel. – New York ; Dordrecht ; Heidelberg ; London : Springer, 2012. – P. 83-85.
14. Коркішко І. А. Переваги та недоліки використання віртуальної реальності у закладах загальної середньої освіти (зарубіжний досвід). Звітна науково-практична конференція Інституту інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України : матеріали науково-практичної конференції (м. Київ, 11 лютого 2021р.). Київ, 2021. 54-55. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/724023/1/Збірник%20тез%20звітної%202021%20фін.pdf#page=54> (дата звернення: 28.06.2023).

15. Литвинова С. Г. Використання сервісу доповненої реальності *Blippbuilder* учителями природничо-математичних предметів в освітній практиці. Науковий вісник Ужгородського університету. 2023. № 1 (52). С. 98-105. DOI: <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2023.52.98-105> (дата звернення: 27.06.2023).
16. Литвинова С. Г., Буров О. Ю., Семеріков С. О. Концептуальні підходи до використання засобів доповненої реальності в освітньому процесі. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. 2020. № 55. С. 46-62. DOI: <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2020-55-46-62> (дата звернення: 27.06.2023).
17. Матвієнко Ю. С. Використання доповненої реальності в навчальному процесі. Сучасні інформаційні технології в освіті і науці : 3 Всеукр. наук. Інтернет-конф., (м. Умань, 26-27 березня 2021 р.). Умань, 2021. С.68-70. URL: <https://dspace.udpu.edu.ua/bitstream/123456789/13683/1/Збірник%20Умань%20%2826-27.03.2021%29.pdf#page=68> (дата звернення: 27.06.2023).
18. Тимчина В., Тимчина Н. Нові перспективи освітнього процесу: віртуальна та доповнена реальність. Нова педагогічна думка. 2020. Т. 101, № 1. DOI: <https://doi.org/10.37026/2520-6427-2020-101-1-42-46> (дата звернення: 27.06.2023).
19. Торяник А. Переваги та недоліки застосування технологій віртуальної реальності в освіті. Україна і світ: гуманітарно-технічна еліта та соціальний прогрес : матеріали міжнар. наук.-теор. конференції студ. та аспір. (м. Харків, 10-11 квітня 2019 року). Харків, 2019. С. 591-593. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/df6324db-a062-4614-bba-ea5a45bfd183/content#page=591> (дата звернення: 28.06.2023).

20. Хмельницька О. Застосування імерсивних технологій як прогресивний напрям модернізації професійної освіти. Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. 2023. №2. С. 191-197. DOI: <https://doi.org/10.31651/2524-2660-2023-2-191-197> (дата звернення: 27.06.2023).
21. Чабан О. В., Пашкевич І. А. Використання технологій доповненої реальності в освітньому процесі. Science, innovations and education: problems and prospects : proceedings of VII International scientific and practical conference (February 9-11, 2022). Tokyo, Japan, 2022. 499-504. URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/> (дата звернення: 27.06.2023).

## ДОДАТКИ

### Додаток А

По завершенню роботи був створений тест для оцінювання її якості, ефективності та зацікавленості. Тому учням 10 класу Вінницького ліцея 7 було запропоновано пройти анкетування. Опитування пройшла вся паралель 10 класів, а саме 50 осіб.

Анкета включала 4 питання (з варіантами відповідей):

1. Наскільки, на вашу думку, ефективним і цікавим був урок?

- а) дуже ефективно та цікавим;
- б) нецікавий;
- в) 50/50 – важко визначитись;
- г) мені не подобається віртуальне навчання.

2. Чи користувалися ви такими функціями доповненої реальності, раніше?

- а) Так, використовував
- б) Ні, не використовував
- в) Знаю про можливості доповненої реальності, не мав нагоди використовувати її на уроках геометрії

3. Чи допомогло вам використання доповненої реальності краще зрозуміти навчальний матеріал?

- а) так, дуже допомогло
- б) деякі моменти стали більш зрозумілими
- в) ніяк не допомогло
- г) допомогло, але краще б це все виконувати у реальному житті
- д) не допомогло, але було цікаво

4. Що вам подобається у вивченні геометрії саме за допомогою доповненої реальності?

а) Мені подобається, що доповнена реальність дозволяє краще візуалізувати тривимірні фігури та їхні властивості.

б) Завдяки доповненій реальності я можу взаємодіяти з геометричними об'єктами, що полегшує розуміння абстрактних понять.

в) Мені цікаво експериментувати з геометричними фігурами в режимі реального часу, що робить навчання захоплюючим.

г) Доповнена реальність допомагає легше розв'язувати складні задачі через візуалізацію геометричних об'єктів у просторі.

д) Вивчення геометрії з доповненою реальністю робить навчання більш інтерактивним і практичним, що допомагає краще запам'ятовувати матеріал.

е) Мені подобається, що я можу побачити геометричні фігури під різними кутами та взаємодіяти з ними для кращого розуміння їхніх властивостей.