

**Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника**

**Факультет природничих наук**

**Кафедра хімії середовища та хімічної освіти**

## **ДИПЛОМНА РОБОТА**

на здобуття освітнього рівня бакалавра

на тему: **«ВИКОРИСТАННЯ ІМЕРСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА  
УРОКАХ ХІМІЇ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ТЕМИ «БУДОВА АТОМА»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи СОХ-41  
спеціальності 014 «Середня освіта  
(хімія)»

Іванів С.І.

Керівник

Матківський М.П.

Рецензент

Кузишин О.В.

Івано-Франківськ – 2024 р.

**Іванів С.І. Використання імерсивних технологій на уроках хімії під час вивчення теми «Будова атома».** – Прикарп. нац. ун-т ім. Василя Стефаника. – Івано-Франківськ, 2024. – 58 с.

Дипломна робота є рукопис, який містить дослідження основних ідей впровадження імерсивних технологій у освітній процес.

Розглянуто і проаналізовано суть застосування і використання технологій доповненої та віртуальної реальності, які допоможуть зробити навчальний процес цікавішим і зрозумілим. Використання віртуальних додатків на уроках дозволяє залучити учнів до процесу навчання, дає можливість створювати інтерактивні завдання, візуалізувати складні концепції, забезпечувати доступ до додаткових матеріалів і ресурсів, а також сприяє розвитку навичок роботи з сучасними технологіями. Крім того, віртуальні додатки можуть бути корисними для індивідуалізації навчання та адаптації змісту під потреби учнівства. 58 с., Рис. 16, Табл. 3, Літ. 28.

**Ключові слова:** доповнена і віртуальна реальність; візуалізація навчальної інформації, 3D-моделі, мобільний додаток.

**Ivaniv S.I. Use of immersive technologies in studying of the theme «Structure of atom»;**

The graduation project is manuscript that contains research of basic ideas of introduction of immersive technologies in an educational process.

Essence of application and use of technologies of the augmented and virtual reality, that will help to do an educational process more interesting and clear, is considered and analyzed. The use of virtual apps during lessons allows bringing over students to the educational process, gives an opportunity to create interactive tasks, to visualize difficult conceptions, to provide an access to additional materials and resources, and also assists to development of skills for work with modern technologies. In addition, mobile apps can be useful to individualization of studies and adaptation of maintenance under the necessities of every student. 58 p., Fig. 16, Tabl. 3, Refr. 28.

**Keywords:** augmented and virtual reality; visualization of educational information, 3D-models, mobile app.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
Розділ 1 .....	7
ІМЕРСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ.....	7
1.1. Використання імерсивності у сучасних освітніх середовищах .....	7
1.2. Суть імерсивних технологій навчання .....	8
1.3. Концепція змішаної реальності .....	11
Розділ 2 .....	13
ДОПОВНЕНА І ВІРТУАЛЬНА РЕАЛЬНІСТЬ, ЯК СКЛАДОВА ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ.....	13
2.1. Доповнена реальність (AR).....	13
2.1.1. Додатки AR-технологій .....	14
2.1.2. Google Періодична Таблиця .....	17
2.2. Віртуальна реальність (VR) .....	21
2.3. Застосування доповненої та віртуальної реальності на уроках .....	22
Розділ 3 .....	25
ВИКОРИСТАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ІМЕРСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ТЕМИ «БУДОВА АТОМА» .....	25
3. 1. Тема «Будова атома» у навчальних програмах з хімії.....	25
3.2. План -конспект бінарного уроку (фізика, хімія) на тему «Молекули. Атоми». 7 клас.....	28
3.3. План-конспект уроку з хімії на тему «Будова атома. Склад атомних ядер (протони і нейтрони). Протонне число. Нуклонне число». 8 клас. Хімія. ....	33
3.4. План-конспект уроку бінарного уроку (фізика, хімія) на тему «Сучасна модель атома. Протонно-нейтронна модель ядра атома».....	39
3.5. Результати опитування учнівства 7-9 класів щодо ефективності використання технології AR на уроках хімії .....	45
ВИСНОВКИ.....	50
Список використаних літературних джерел .....	51
Додаток А.....	55

## ВСТУП

### **Актуальність теми.**

На сьогодні освітній процес змінюється відповідно до потреб сучасного учнівства. Учні/учениці сучасної школи є візуалами (сприймають ілюстрований матеріал), краще сприймають коротку структуровану інформацію (ментальні карти, схеми тощо), не люблять довго концентруватися (ефективним буде використання інтерактивного навчання). Також важливим аспектом ефективного навчання є доступність та зрозумілість навчального матеріалу та можливість комунікації із вчителем.

Таким чином, ефективність освітнього процесу цілком залежить від його рівня організації. Необхідного рівня можна досягти зрозумілою мовою – послідовним плануванням і логічним зв'язком усіх елементів взаємодії вчителя та учнівства.

На сучасну пору використання освітніх мобільних додатків стає дедалі популярнішим. Ці додатки дають можливість у зручній та інтерактивній спосіб для людей здобути нові навички або покращити свої знання з різних предметів. Серед популярних освітніх додатків – Duolingo для вивчення мов, Khan Academy для математики та природничих наук і Quizlet для навчання та запам'ятовування. Користувачі можуть отримати доступ до цих додатків на своїх смартфонах або планшетах, що дозволяє легко навчатися в зручному для користувача місці та в зручний час. Використання мобільних додатків для навчання може бути чудовим способом покращити навчання та зробити освіту більш доступною для людей різного віку.

Імерсивні технології (мобільні додатки з доповненою реальністю та віртуальні середовища) стають все більш популярними та корисними для різних галузей, від ігор до навчання та реклами. Вони можуть підвищити взаємодію з користувачем, забезпечити нові можливості для маркетингу та створити захопливі враження в користувача. Однак, ефективність цих технологій залежить від правильного використання їх використання,

здатності користувача до взаємодії з досліджуваним об'єктом та коректного застосування отриманого контенту.

### **Мета і завдання дослідження.**

*Мета роботи* – дослідження особливостей використання технології доповненої реальності на уроках хімії в закладах загальної середньої освіти під час вивчення теми «Будова атома».

Цій меті підпорядковані такі *завдання*:

- проаналізувати зміст імерсивних технологій навчання;
- вивчити особливості використання доповненої та віртуальної реальності;
- обґрунтувати доцільність використання імерсивних технологій на уроках предметів природничої освітньої галузі;
- розробити плани занять для вивчення теми «Будова атома» з використанням імерсивних технологій навчання.

**Об'єктом дослідження** є особливості використання імерсивних технологій на уроках хімії.

**Предмет дослідження** – особливості організації освітнього процесу та створення освітнього середовища для вивчення хімії з використанням імерсивних технологій.

*Методи дослідження.* В роботі використані *теоретичні* методи дослідження (аналіз, синтез, порівняння, узагальнення) та *емпіричні* (бесіда, пряме і непряме спостереження, анкетування).

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

Здійснено комплексне дослідження доцільності використання освітнього тренду – технології доповненої реальності в освітньому процесі на уроках хімії для вивчення теми «Будова атома» з метою впровадження результатів в Новій українській школі.

**Практичне значення одержаних результатів** ґрунтується на використанні теоретичного матеріалу роботи учителями природничої освітньої галузі на уроках хімії та інших предметів природничого

спрямування, (інтегрованих курсів «Пізнаємо природу», «Природничі науки», «Довкілля») у закладах загальної середньої освіти.

**Особистий внесок здобувача:** вивчення теоретичних аспектів використання імерсивних технологій в освітньому процесі; вивчення передового педагогічного досвіду з використання технологій доповненої реальності на уроках хімії, розробка планів-конспектів уроків; формулювання висновків; написання і оформлення тексту рукопису.

**Структура та обсяг роботи.** Дипломна робота складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи складає 58 сторінок, в тому числі 16 рисунків, 3 таблиці, список наукових джерел інформації містить 28 найменувань.

## Розділ 1

# ІМЕРСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ

### 1.1. Використання імерсивності у сучасних освітніх середовищах

Імерсивність трактують як комплекс відчуттів або досвід, що цілком захоплює увагу користувача та поглинає її. Виникає відчуття повної «зануреності» у віртуальне або суміщене середовище, де можна сприймати себе частиною дії або оточуючого світу. Наприклад, в ігровій індустрії, імерсивність може означати реалістичність графіки, звуку та відчуття взаємодії з ігрою.

Імерсивні технології в освіті надають інноваційні можливості для покращення процесу навчання. Вони включають в себе віртуальну реальність, доповнену реальність та інші сучасні технології, які дозволяють робити навчальні заняття більш цікавими та ефективними для учнів. Ці технології дозволяють створювати імерсивне середовище, де учні можуть взаємодіяти з матеріалами навчання більш активно. Використання імерсивних технологій може сприяти поліпшенню засвоєння матеріалу, розвитку креативності та критичного мислення учнів.

Імерсивні методи навчання – це тренд сучасної освіти, який передбачає глибинне «занурення» у предмет або явище, зазвичай через інтерактивні додатки, візуалізацію або практичну діяльність. Цей метод використовується для створення новітнього освітнього середовища та ефективного навчання, де учнівство активно залучене у процес інтеракції і сприйняття матеріалу. Інтерактивні методи навчання, такі як інтерактивні вправи, симуляції та віртуальні екскурсії, є дуже ефективними для закріплення знань та отримання практичного досвіду у різних галузях. Вони дозволяють учнівству поглиблювати розуміння матеріалу шляхом активної участі і взаємодії з досліджуваними об'єктами, процесами та явищами.

Імерсивність в сучасних освітніх середовищах – це інноваційна педагогічна стратегія, яка використовує різноманітні технології для

залучення учнів у освітній процес на більш ґрунтовному рівні. Це означає створення імерсивних навчальних середовищ, які дозволяють учням відчувати себе частиною уроку або ситуації. Для створення таких середовищ можна використовувати віртуальну або доповнену реальність, інтерактивні відео або аудіо матеріали, а також спеціальні симуляції або ігри для підвищення зацікавленості учнів і покращення їхнього розуміння матеріалу.

Імерсивність не тільки може допомогти покращити сприйняття та запам'ятовування інформації, інтенсифікувати процес навчання, а й сприяти розвитку креативності та критичного мислення учнів, оскільки вони отримують можливість самостійно досліджувати тему і вирішувати завдання.

У цілому, імерсивність в освіті відображає сучасні тенденції в освітній галузі, спрямовані на створення максимально комфортних умов для оволодіння навчальним матеріалом та засвоєння знань.

## **1.2. Суть імерсивних технологій навчання**

*Імерсивні технології* – це технології, які створюють ілюзію «занурення» користувача у віртуальному або «розширеному» світі. Це може бути досягнуто з використанням:

- віртуальної реальності (VR),
- доповненої або змішаної реальності (AR),
- сенсорних технологій;
- 3D-друку;
- інших інноваційних засобів.

«Занурення» у віртуальний або розширений світ відбувається за допомогою дисплеїв, контролерів та інших інтерактивних пристроїв (рис. 1.1).

Отож, імерсивні технології розглядають як: «інтеграцію віртуального контенту з фізичним середовищем. Це дає змогу самому користувачеві ніби взаємодіяти зі змішаною реальністю. Під час самого процесу користувач

сприймає віртуальні елементи, мов частину цілого, загалом не розуміючи, що самі об'єкти не пов'язані із фізичною реальністю» [2]. Слід взяти до уваги також, що «імерсивні технології володіють цілим рядом різноманітних технологій, що надають змогу занурення, або ж дозволяють переглядати, або взаємодіяти із імітованими об'єктами і середовищами (від зображення і відео 360° до віртуальної і доповненої реальності)» [3].

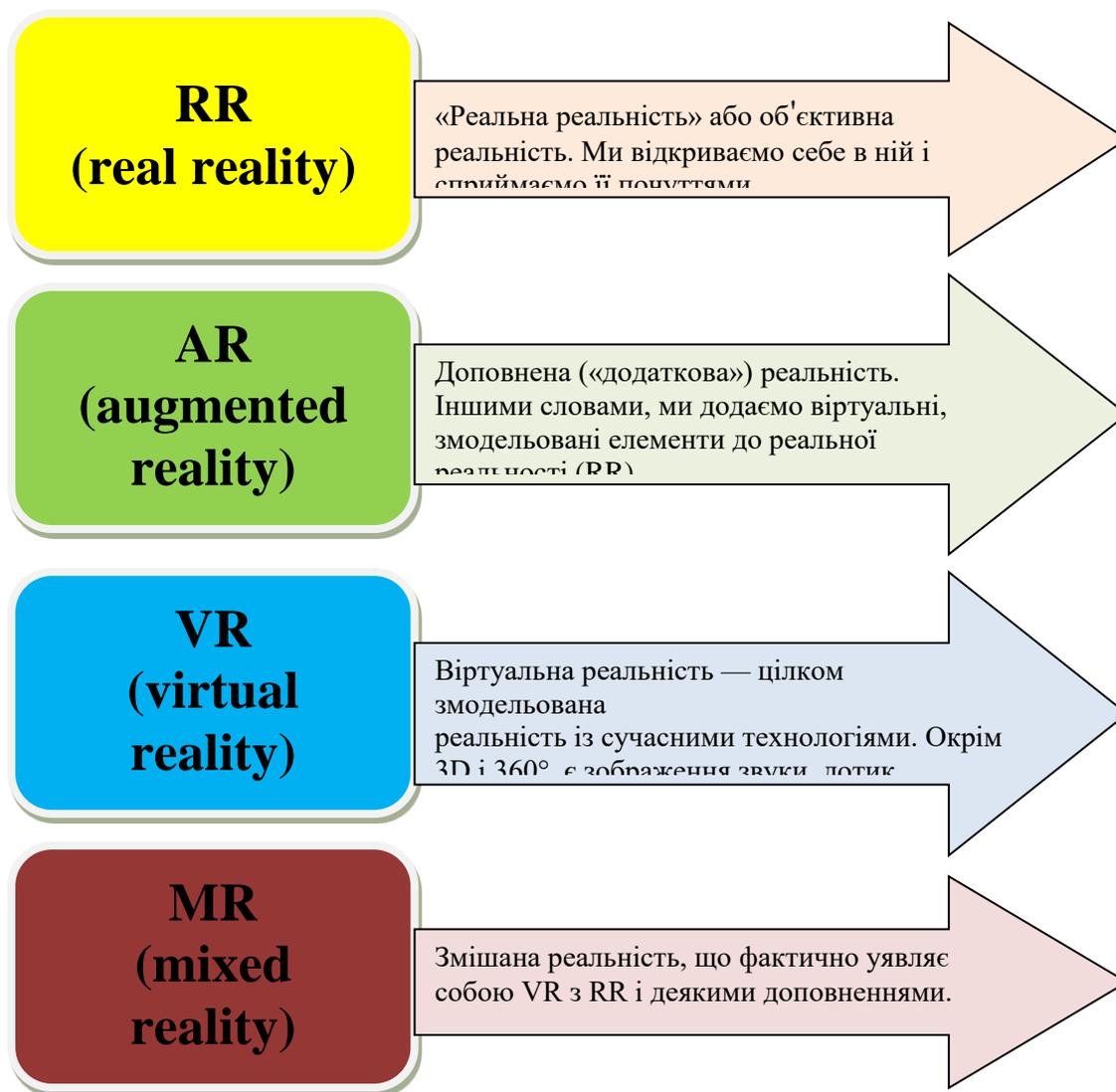


Рис. 1.1. Види імерсивних технологій.

*Імерсивні інформаційні технології* – це технічні засоби, які надають користувачеві можливість підкорити простір віртуальних реальностей та відчувати себе частинкою цього світу. До них відносять віртуальну та

доповнену реальності, ігрові симулятори, інтерактивні відео та інше. Ці технології дозволяють користувачам поглибити свій досвід взаємодії з інформацією та оточуючим світом (рис. 1.2).

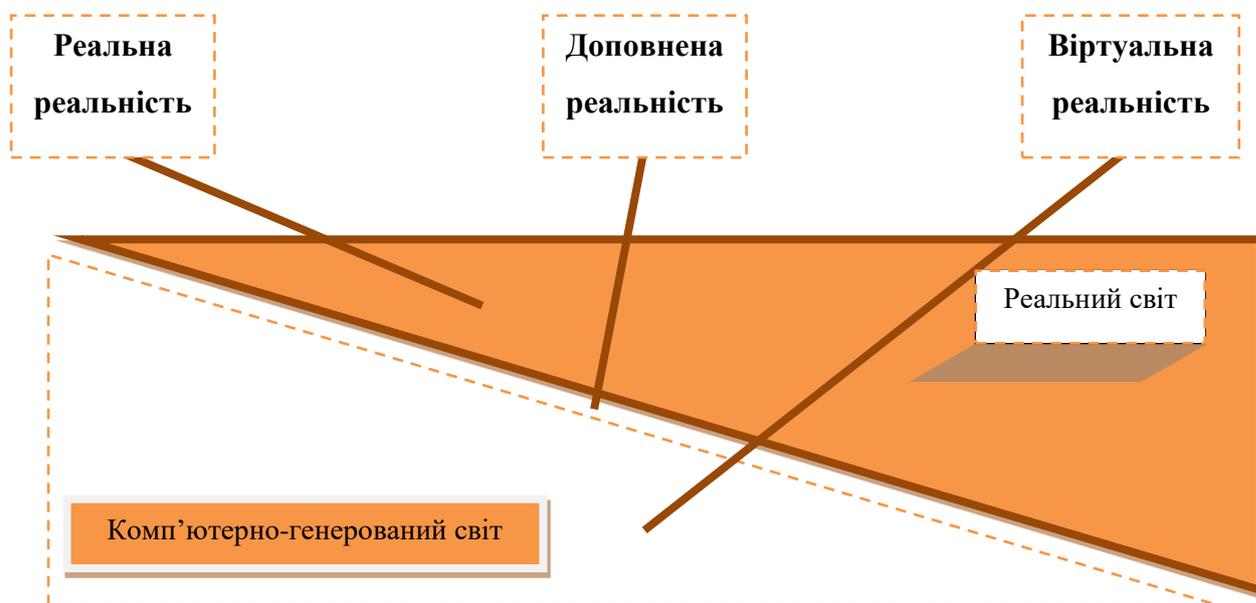


Рис. 1.2. Спектр імерсивних інформаційних технологій.

Як видно з рис. 1.2 спектр імерсивних технологій навчання охоплює використання навчальних засобів від реальної реальності (real reality, RR) до віртуальної реальності (virtual reality, VR). Водночас вагоме значення має використання у освітньому процесі змішаної реальності (mixed reality або MR), з використанням менш чи більш значущих засобів ІКТ і віртуального середовища. Науковці [3] виділяють саме комп'ютерно-опосередковану реальність (computer mediated reality), або непряму реальність (mediated reality).

Саме від вчителя великою мірою залежить, як учні будуть введені у віртуальні методи іншомовної комунікації, та наскільки успішним буде використання імерсивних засобів навчання.

Наведемо деякі приклади інформаційних технологій та засобів навчання:

- Комп'ютери та ноутбуки: ці пристрої використовуються для обробки та

зберігання даних, виконання розрахунків та різних завдань.

- Інтернет забезпечує доступ до різноманітної інформації, електронної пошти, соціальних медіа та ін.
- Мобільні пристрої: смартфони та планшети дозволяють користувачам комунікувати, переглядати веб-сайти, використовувати мобільні додатки та виконувати різні завдання
- Хмарні технології передбачають використання віртуальних серверів для збереження даних та виконання розрахункових процесів, що дозволяють доступ до них з будь-якого місця та пристрою.
- Біг-дата та аналітика: ці технології дозволяють обробляти та аналізувати великі обсяги даних з метою виявлення патернів, трендів та отримання цінної інформації для прийняття рішень.
- Інтернет речей (IoT): це мережа підключених пристроїв, які обмінюються даними між собою, дозволяючи автоматизацію та моніторинг у різних галузях, таких як домашня автоматика, виробництво та транспорт.
- Штучний інтелект (AI): це галузь інформаційних технологій, що досліджує та розробляє системи, які можуть виконувати завдання, що зазвичай потребують людського інтелекту. Програми зі штучним інтелектом можуть виконувати розпізнавання образів, голосове управління, автоматизовану обробку мовлення та багато іншого.

### **1.3. Концепція змішаної реальності**

*Змішана реальність (Mixed Reality)* – це технологія, яка об'єднує в собі елементи віртуальної та дійсної реальності, створюючи інтерактивне середовище, де поєднуються та взаємодіють реальні та віртуальні об'єкти. Вона дозволяє користувачам взаємодіяти з віртуальними об'єктами у реальному просторі, що відкриває безліч можливостей у різних галузях (рис. 1.3).

У 1994 році Пол Мілгрем (Paul Milgram) і Фуміо Кішіно (Fumio Kishino) сформулювали концепцію змішаної реальності (MR) як «... такий собі умовний відрізок між краями реального та віртуального простору, у якому віртуальний простір ніби простягається від ідеальної реальності до повністю віртуального середовища із доповненою реальністю та віртуальністю у центрі нього».



Рис. 1.3. Змішана реальність за Мілгредом-Кішіно.

Концепція змішаної реальності у навчанні поєднує в собі використання віртуальної реальності (VR) та доповненої реальності (AR) з традиційними методиками навчання. Це дозволяє створити імерсивне та інтерактивне навчальне середовище, де учнівство може зануритися у віртуальне оточення, взаємодіяти з об'єктами та досліджувати об'єкти, процеси та явища у більш доступній і цікавій формі. Ця інноваційна педагогічна стратегія може покращити засвоєння матеріалу та мотивацію учнів до навчання.

## Розділ 2

# ДОПОВНЕНА І ВІРТУАЛЬНА РЕАЛЬНІСТЬ, ЯК СКЛАДОВА ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ

### 2.1. Доповнена реальність (AR)

Використання розширеної (змішаної, доповненої) реальності в освіті може мати значні переваги. Це стимулюватиме учнів до більш активного навчання, забезпечуючи їм можливість взаємодії з віртуальними об'єктами та отримання нових знань у процесі цієї взаємодії. Слід зауважити, що сучасне покоління учнівства це діти «смартфонів» (покоління «альфа»), які є візуалами, володіють «кліповим» мисленням і краще сприймають інформацію зорово. AR також може полегшити процес сприйняття сучасним учнівством складних концепцій та покращити їх здатність до розв'язання реальних завдань. В цілому, це може значно урізноманітнити і збагатити освітній процес використанням матеріалу практичного спрямування, вирішенням проблемних завдань тощо.

*Доповнена реальність (AR)* – процес створення взаємодії між реальними об'єктами та віртуальними об'єктами на основі даних інформаційного середовища, що забезпечує користувачам подвійний досвід. Види та особливості технології AR показано на рис. 2.1

Це технологія, що дозволяє додавати віртуальні об'єкти до реального світу за допомогою гаджетів, таких як смартфони або спеціальні окуляри, які створюють ілюзію того, що ці віртуальні об'єкти існують в реальності.

Реальність може бути доповнена об'єктами, які покращують візуальне сприйняття певної частини реального простору або надають додаткову інформацію про об'єкти та явища навколо нас. Наприклад, за допомогою доповненої реальності можна детальніше досліджувати історію пам'яток архітектури, переглядати віртуальні музеї або навчатися з використанням інтерактивних симуляцій.

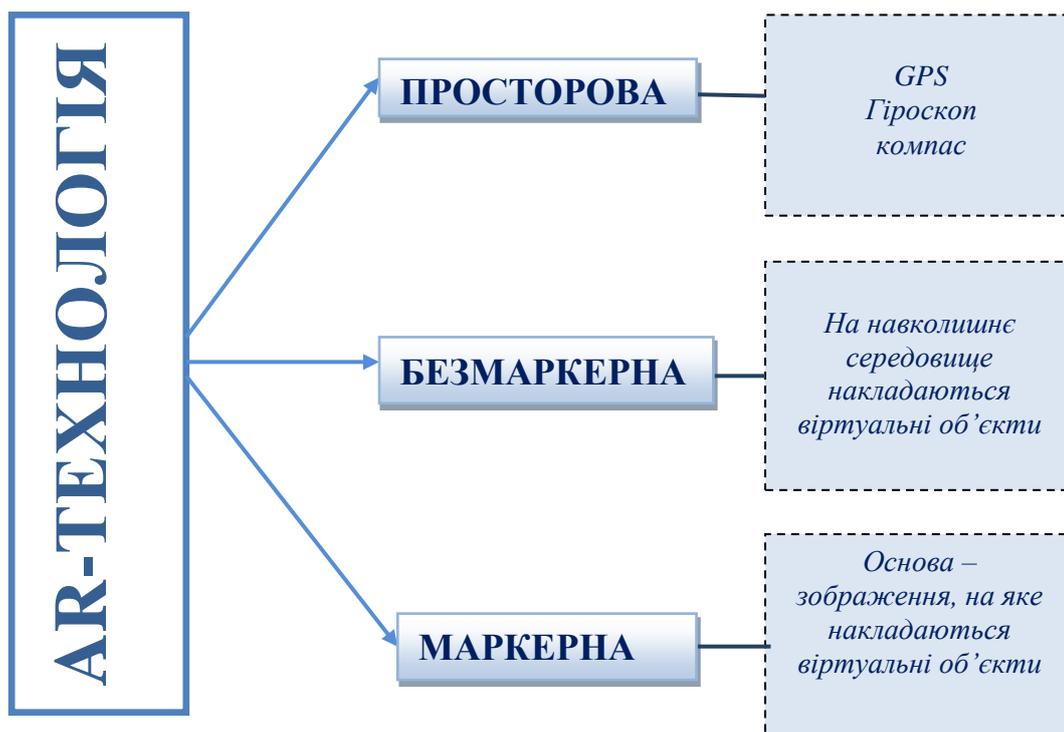


Рис. 2.1. Технологія доповненої реальності.

Доповнення реальності на уроках хімії можна використати для візуалізації хімічних процесів або проведення хімічних експериментів у безпечному середовищі [25-27]. Крім того невід'ємний довідковий матеріал для уроків хімії – Періодичну таблицю хімічних елементів доповнити візуалізацією атомів та інтерактивними взаємодіями. Також можна використовувати інтерактивні платформи для вивчення хімії, які дозволяють учням більш ефективно засвоювати матеріал за допомогою відеоуроків, інтерактивних завдань та тестів.

### 2.1.1. Додатки AR-технологій

Технологію доповненої реальності реалізують через мобільні додатки, що має певні переваги та недоліки. До переваг використання AR-технологій відносять:

- покращення взаємодії користувачів з оточуючим світом, розширення можливостей пізнання «невидимих» об'єктів;

- надання додаткової інформації;
- покращення досвіду використання пристроїв.

AR може бути використана в освіті, медицині, виробництві тощо.

Однак, є кілька недоліків використання AR:

- можливі ризики з використанням приватних даних,
- відволікання від реальності;
- можливість створення неправдоподібних сценаріїв.

Як видно, загалом, AR може бути дуже корисним інструментом, але важливо враховувати ці можливі ризики та недоліки.

Додатки доповненої реальності – це програми, які дозволяють відображати віртуальні об'єкти в реальному світі через камеру смартфона або іншого пристрою (рис. 2.2).

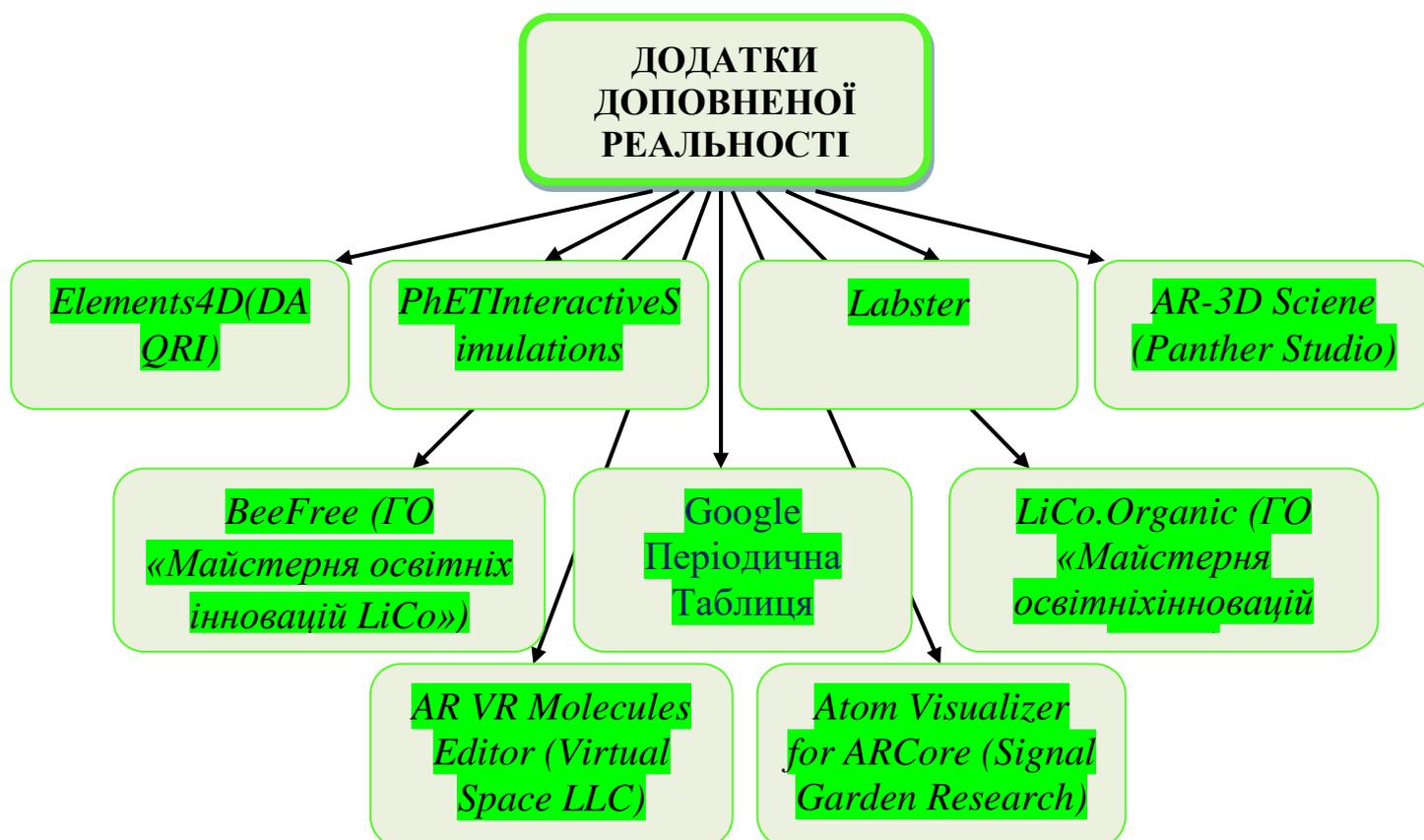


Рис. 2.2. Приклади AR-додатків з хімії і фізики.

На сьогодні такі технології активно використовуються в різних

галузях, для розваг, освіти або навіть бізнесу. Відомими є додатки AR для смартфонів, такі як Pokemon Go, Snapchat або інші, які дозволяють користувачу додавати віртуальні об'єкти до навколишнього середовища.

Наведемо приклади популярних застосунків для вивчення хімії та інших предметів природничої освітньої галузі.

1. *Elements 4D (DAQRI)* – це навчальна програма, яка використовує додаток на смартфоні для допомоги у вивченні хімічних елементів. Користувачам пропонується сканувати спеціальні кубики, які візуалізують реакції між різними речовинами, щоб дослідити їх взаємодію та результати (додаток А, рис. 1).

2. *PhET Interactive Simulations* – додаток, що містить інтерактивні симуляції із фізики та хімії, під час яких частково використовують доповнену реальність (додаток А, рис. 2). У даному додатку користувач може взаємодіяти із різноманітними фізичними та хімічними явищами (наприклад, рух тіл, електричне поле і хімічні реакції).

3. *Labster* – додаток, що дає змогу учнівству працювати у віртуальній реальності, виконуючи віртуальні лабораторні дослідження, здійснювати вимірювання, аналізувати дані та взаємодіяти із об'єктами віртуального середовища у реальному часі (додаток А, рис. 3).

4. *AR-3D Sciene (Panther Studio)* – додаток, який дає змогу вивчати поняття із фізики та хімії (додаток А, рис. 4). Він має 2 режими – доповненої реальності та перегляд AR-моделей. Маркери для завантаження можливо отримати безкоштовно. Віртуальні об'єкти мають інтерактивні функції на екрані смартфона.

5. *Atom Visualizer for ARCore (Signal Garden Research)* – додаток, який дає змогу досліджувати атомні моделі в доповненій реальності, завдяки Google ARCore. Відкривши додаток, потрібно обрати один з 118 елементів періодичної системи хімічних елементів, потім автоматично сформується тривимірний анімований вибраного атома. Обрану користувачем модель можна розмістити будь-де на об'єктах реального середовища (додаток А, рис.

5). Додатково можна вибрати один із двох режимів візуалізації, наприклад, атомну модель Бора чи квантово-механічну модель атома. Також можна регулювати швидкість анімації. Кожна з моделей включає гіперпосилання на Вікіпедію.

6. *BeeFree* (ГО «Майстерня освітніх інновацій LiCo») – мобільний додаток, який призначений відтворювати відеоматеріалів інтерактивних STEM-карток, це може допомогти здобувачам освіти у виборі своєї майбутньої професії (додаток А, рис. 6).

7. *LiCo.Organic* (ГО «Майстерня освітніх інновацій LiCo») – мобільний додаток призначений, як програмний супровід навчального посібника «Органічні сполуки. АТЛАС-ДОВІДНИК». Завдяки даній програмі користувач зможе читати малюнки-зображення органічних сполук у навчальному посібнику [28] та відтворювати їх тривимірні зображення у режимі доповненої реальності, це дозволяє набагато чіткіше зрозуміти просторову структуру молекул органічних речовин та їх властивості (додаток А, рис. 7).

8. *AR VR Molecules Editor* (*Virtual Space LLC*) – додаток, призначений для конструювання із атомів 3D-моделей, молекул неорганічних та органічних речовин із використанням окулярів віртуальної реальності (додаток А, рис. 8). Що важливо, даний додаток може підтримувати молекули із одинарним, подвійним і потрійним зв'язком. Ще для візуалізації молекулярних структур відкритий інтерфейс доповненої реальності (AR).

Додатки доповненої реальності дають змогу вивчити предмети природничої освітньої галузі, зокрема фізику і хімію, більш ефективно, за рахунок додаткової візуалізації навчального матеріалу.

### ***2.1.2. Google Періодична Таблиця***

Періодична таблиця Google із доповненою реальністю (AR) для вивчення хімії дає змогу досліджувати і аналізувати Періодичну систему

хімічних елементів. Даний додаток, відомий під назвою «Google Періодична Таблиця» [24], допомагає користувачам переглядати атоми хімічних елементів Періодичної таблиці у доповненій реальності через камеру смартфона чи планшета. У ньому є можливість переглядати, масштабувати та обертати атоми хімічних елементів, дізнаватися більше цікавої інформації про кожен із елементів, а також розглядати їх зв'язки і властивості. Додаток є безкоштовним та відкритим для завантаження на пристрої із операційною системою Android та iOS (рис. 2.3).

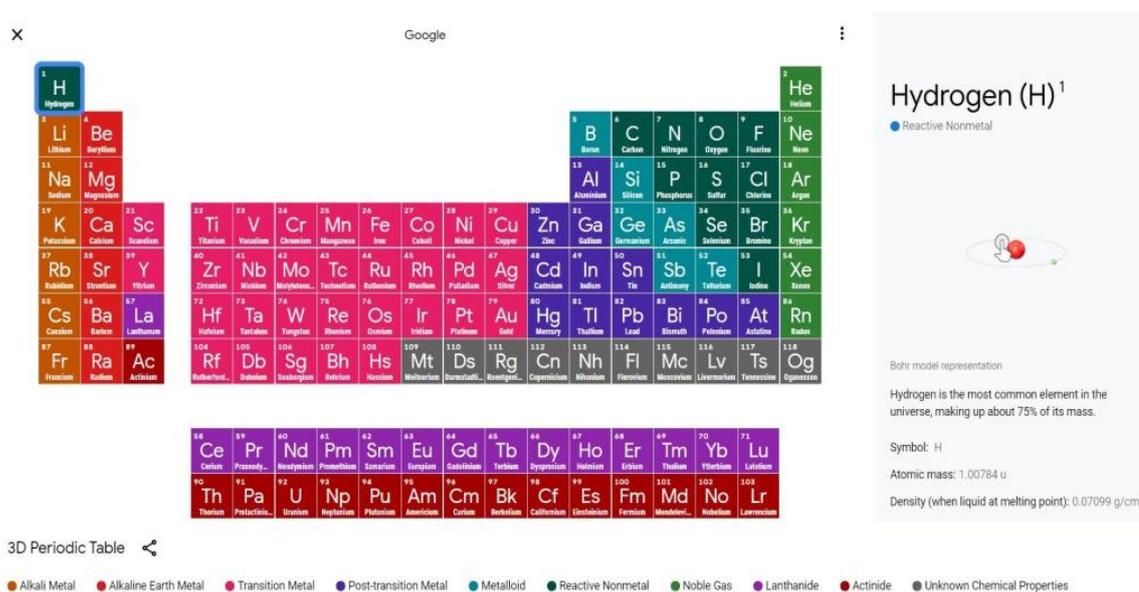


Рис. 2.3. Періодична таблиця Google із доповненою реальністю (AR)[24]

Періодична таблиця елементів з доповнена реальністю – інтерактивна, цифрова версія традиційної Періодичної таблиці. Дана версія Періодичної таблиці хімічних елементів призначена для того, щоб користувачі мали змогу не тільки сприймати текстову інформації, але й спостерігати і взаємодіяти із об'єктами (хімічними елементами в клітинках таблиці та атомами цих елементів) в реальному часі, використовуючи лише камеру свого смартфона чи камеру іншого пристрою (рис. 2.4).

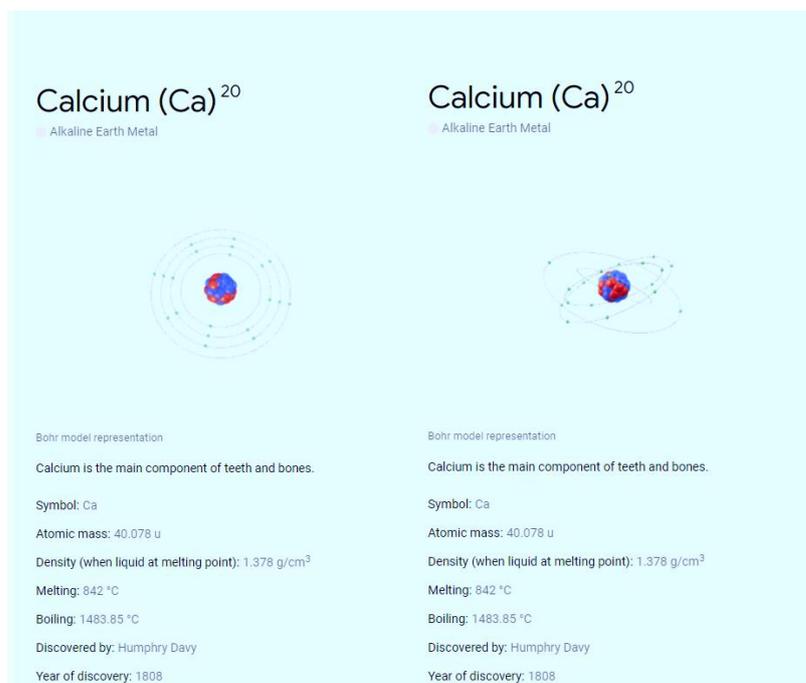


Рис. 2.4. Моделі атома Кальцію в Періодичні таблиці Google

Для відображення об'єктів використано безмаркерний принцип: додаток фіксує рівну поверхню (робочий стіл, підлога, стіна тощо) і генерує вибраний об'єкт у AR. Користувач фізично вільно може пересуватися навколо згенерованих об'єктів, а також зближувати і віддаляти камеру, для того, щоб якомога детальніше роздивитися окремі частинки атомів елементів (рис. 2.5).

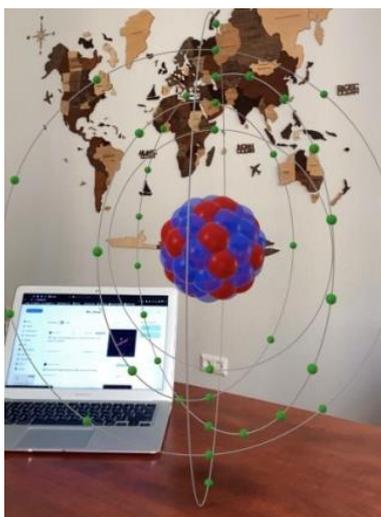


Рис. 2.5. Генерування атомів за допомогою Періодичної таблиці Google.

Дана Періодична таблиця є інтерактивною версією графічного представлення Періодичної системи хімічних елементів. Періодична таблиця хімічних елементів з доповненою реальністю поєднує такі складові сприйняття (рис. 2.6).

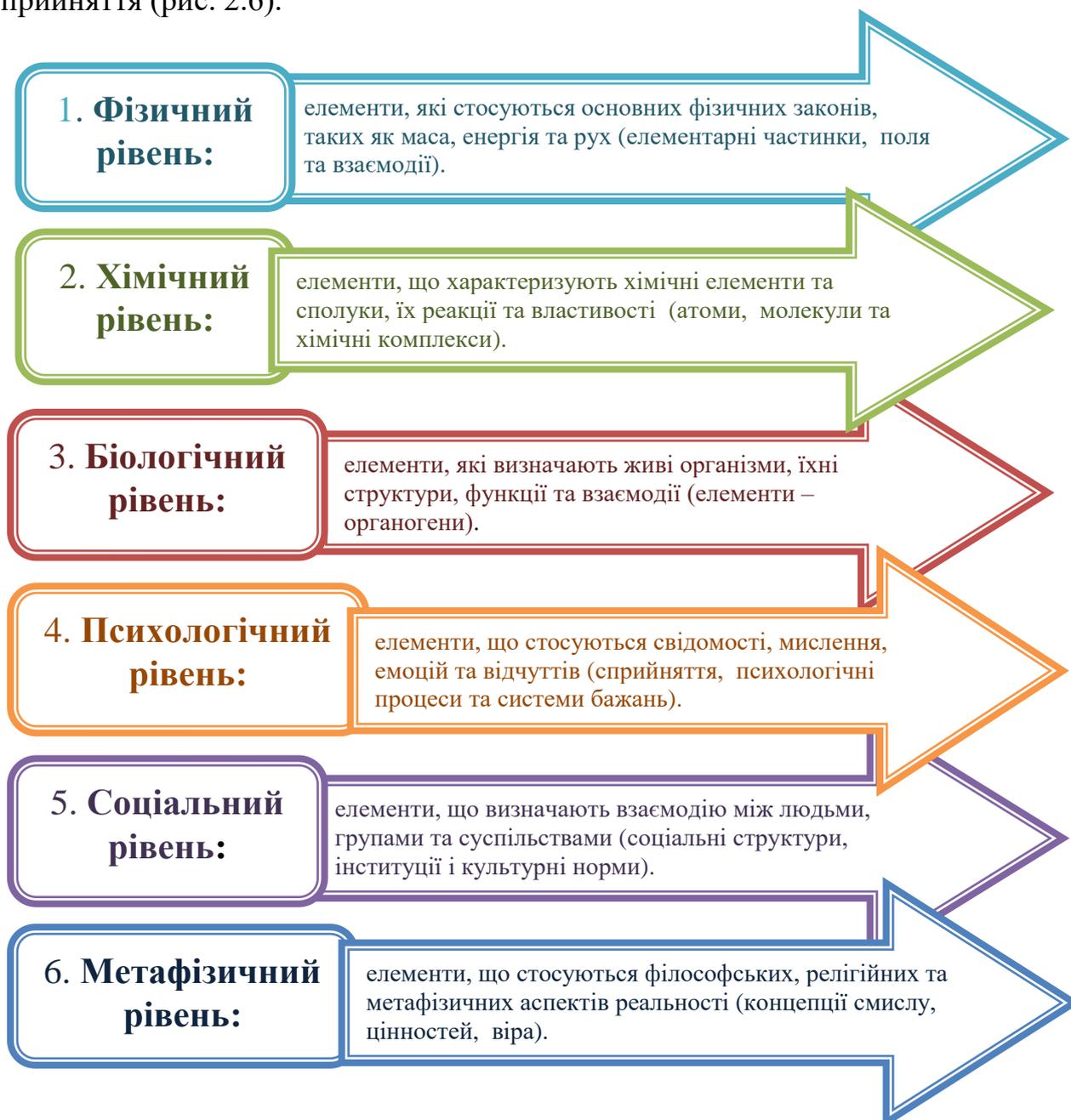


Рис. 2.6. Складові сприйняття Періодичної таблиці хімічних елементів з доповненою реальністю.

Періодична таблиця хімічних елементів із доповненою реальністю – це концепція, яка володіє фундаментальними принципами Періодичної системи хімічних елементів у контексті розуміння і опису реальності.

Періодична система Google дає змогу краще зрозуміти класифікацію хімічних елементів, встановити зв'язки між ними. Дана таблиця може використовуватись сучасним учнівством, як основа для подальших досліджень і розвитку наукових, філософських теорій про свідомість і природу (рис. 2. 7).

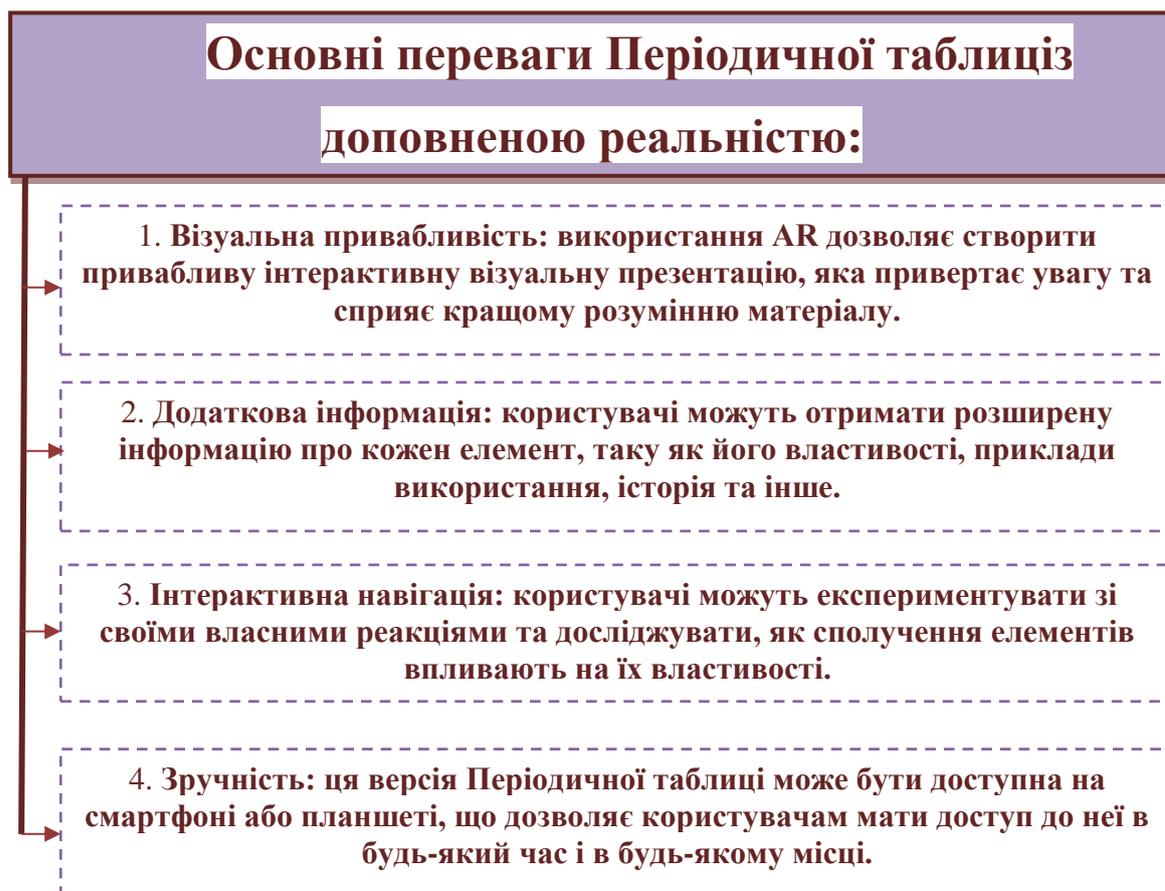


Рис. 2.7. Переваги Періодичної таблиці з доповненою реальністю.

## 2.2. Віртуальна реальність (VR)

*Віртуальна реальність (VR)* – це комп'ютерна технологія, яка дозволяє користувачеві зануритися відразу в штучно створене середовище, що зовні нагадує реальне. Вона створює імерсивне середовище, в якому користувач може взаємодіяти з віртуальним світом за допомогою спеціальних пристроїв, таких як віртуальні окуляри або контролери руху. За допомогою віртуальної реальності користувач може переживати різні сценарії і взаємодіяти з

об'єктами віртуального середовища. Вона знайшла застосування в таких галузях, як розваги, навчання, медицина, архітектура та багато інших.

Віртуальна реальність (VR) технологія, яка створює імітацію оточення чи ситуацій, які не існують у реальному світі. Ось кілька прикладів використання віртуальної реальності:

1. Віртуальний тур музеями, знайомство з культурними пам'ятками - користувач може використати віртуальний навушник та пройтися по музею чи оглянути пам'ятку, досліджуючи їх без фізичного відвідування.

2. Віртуальні тренажери – фахівці різних галузей медицини та техніки, можуть тренуватися у віртуальному середовищі, щоб покращити свої навички без ризику для життя.

3. Віртуальні візити до установ чи установи та агентства (наприклад з нерухомості) можуть надати потенційним покупцям можливість переглядати віртуальні тури по досліджуваних об'єктах, не відвідуючи їх фізично.

Віртуальне середовище – це область, створена комп'ютером, яка імітує реальну або уявну обстановку. Це може бути використано для відтворення сценаріїв, тестування програмного забезпечення, навчання, взаємодії з користувачами та багато іншого. Віртуальні середовища широко використовуються у відомчих галузях, включаючи інформаційні технології, дизайн, освіту та розваги.

Для створення інтенсивних імерсивних сценаріїв та набуття досвіду використовуються віртуальні окуляри. Вони також відомі як VR-окуляри, є пристроями, які створюють імітацію оточуючого світу за допомогою віртуальної реальності та дозволяють користувачам зануритися в інші світи або сценарії через віртуальні образи та звуки.

### **2.3. Застосування доповненої та віртуальної реальності на уроках**

Технології AR і VR вже широко використовуються в різних сферах, від ігор і розваг до навчання та медицини. Вони надають користувачам нові можливості для взаємодії з навколишнім середовищем і отримання нових

досвідів.

*Віртуальна реальність (VR)* – це технологія, яка в освітньому процесі за допомогою комп'ютерної програми створює імітацію реального світу з досліджуваними об'єктами, дозволяючи користувачам імерсивно зануритися в цей віртуальний світ та ретельно вивчити об'єкти на різних рівнях сприйняття.

*Доповнена реальність (AR)* – це технологія, яка в освітньому процесі допоможе поєднати в собі елементи реального світу з віртуальними об'єктами, розміщуючи їх у реальному середовищі, доповнити деталі досліджуваних об'єктів, візуалізувати їх «невидимі» неозброєним оком складові.

Віртуальні додатки мають свої переваги і недоліки.

Переваги використання мобільних додатків:

<b>1. Зручність:</b>	<b>2. Мобільність:</b>	<b>3. Постійні оновлення:</b>
Віртуальні додатки дозволяють легко отримати доступ до різних сервісів та функцій, спрощуючи життя користувачів.	Віртуальні додатки можна використовувати на різних пристроях та в будь-якому місці з доступом до Інтернету.	Розробники постійно вдосконалюють віртуальні додатки, додаючи нові функції та виправляючи помилки.

Недоліки віртуальних додатків:

<b>1. Приватність та безпека:</b>	<b>2. Залежність:</b>
Збереження особистої інформації та можливість зловмисницького доступу до неї може бути проблемою.	Використання віртуальних додатків може призвести до втрати продуктивності та збільшеної залежності від технологій. В цілому, віртуальні додатки можуть бути корисними, але важливо бути обережними та свідомими в їх використанні.

Віртуальні додатки у навчанні – це програми або інструменти, які допомагають у навчальному процесі, використовуючи технології штучного інтелекту або віртуальної реальності (мобільні додатки, онлайн платформи або програмне забезпечення для комп'ютерів, які допомагають усвідомлювати матеріал, навчатися краще або розвивати навички в більш захоплюючий спосіб). Вони можуть включати в себе інтерактивні вправи, ігри, тести або онлайн курси.

Віртуальні додатки можуть бути корисними на уроках з різних предметів:

- стимулюють вирішувати складні завдання швидше та ефективніше (математика, фізика, економіка тощо).
- пропонують інтерактивні вправи та ігри для покращення вивчення мови (рідна та іноземні мови).
- моделюють інтерактивні екскурсії (суспільні та природничі науки, зокрема історія, географія)
- забезпечують виконання віртуальних експериментів (предмети природничої освітньої галузі, фізика, хімія, біологія).

## Розділ 3

## ВИКОРИСТАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ІМЕРСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ТЕМИ «БУДОВА АТОМА»

### 3. 1. Тема «Будова атома» у навчальних програмах з хімії

Тема «Будова атома» за чинними програмами з хімії для закладів загальної середньої освіти розглядається у 8 класі (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

#### Тема «Будова атома» у чинних програмах з хімії

Програма	Структурно-логічний зв'язок з темами	Витяг з програми
<p>Хімія. 7-9 класи. Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів. Програма затверджена Наказом Міністерства освіти і науки України від 07.06.2017 № 804</p>	<p>Дана тема є складовою теми 1 «Будова атома. Періодичний закон і періодична система хімічних елементів» у 8 класі</p>	<p>«Будова атома. Склад атомних ядер (протони і нейтрони). Протонне число. Нуклонне число. Будова електронних оболонок атомів хімічних елементів № 1-20. Стан електронів у атомі. Електронні орбіталі. Енергетичні рівні та підрівні; їх заповнення електронами в атомах хімічних елементів № 1-20. Електронні та графічні електронні формули атомів хімічних елементів № 1-20. Поняття про радіус атома».</p>
<p>Хімія. 8-9 класи. Програма для загальноосвітніх навчальних закладів із поглибленим вивченням предметів</p>	<p>Дана тема є складовою теми 1 «Періодичний закон і періодична система хімічних елементів. Будова атома» у 8 класі</p>	<p>«Будова атома. Модель атома Е.Резерфорда. Фізичний зміст періодичного закону. Атомний номер елемента — заряд ядра його атома.</p>

		<p>Склад атомних ядер (протони і нейтрони). Протонне число. Нуклонне число. Нуклід. Ізотопи стабільні та радіоактивні. Шкідлива дія радіоактивних ізотопів. Сучасне формулювання періодичного закону. Будова електронних оболонок атомів хімічних елементів № 1-38. Стан електронів у атомі. Електронні орбіталі, їхні форми. Енергетичні рівні та підрівні; їх заповнення електронами в атомах елементів № 1-38. Принцип мінімальної енергії. Правило Клечковського, принцип Паулі, правило Хунда. Електронні та графічні електронні формули атомів. Основний і збуджений стани атома».</p>
--	--	--

Автори модельних програм з хімії для Нової української школи О. Григорович та Г. Лашевська пропонують вивчення даної теми розпочати із 7 класу – загальна інформація про атоми, і більш ґрунтовно продовжити у 8 класі (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Тема «Будова атома» у модельних програмах з хімії для Нової української  
ШКОЛИ

Програма	Структурно-логічний зв'язок з темами	Витяг з програми
«Хімія. 7–9 класи» для закладів загальної середньої освіти (Григорович О.С.). Програма затверджена Наказом Міністерства освіти і науки України від 27.12.2023 № 1575	Дана тема є складовою: теми 2 «Від хімічних елементів до хімічних сполук» у 7 класі	«Первинні відомості про будову атома: ядро та електрони».
	теми 3 «Досліджуємо будову атома» у 8 класі	«Будова атома. Субатомні частинки (електрон, протон і нейтрон). Електронна оболонка атомів і властивості хімічних елементів».
«Хімія. 7–9 класи» для закладів загальної середньої освіти (Лашевська Г.А.). Програма затверджена Наказом Міністерства освіти і науки України від 16.08.2023 № 1001	Дана тема є складовою: теми 3 «Досліджуємо у класифікуємо речовини» у 7 класі	«Атоми і молекули – об'єкти мікросвіту».
	теми 3 «Досліджуємо й упорядковуємо хімічні елементи» у 8 класі	«Будова атома: ядро й електрони навколо нього. Ізотопи: використання, вплив на здоров'я людини й довкілля. Стан електронів в атомі. Розподіл електронів за енергетичними рівнями (на прикладі перших двадцяти хімічних елементів періодичної системи)».

### **3.2. План-конспект бінарного уроку (фізика, хімія) на тему «Молекули. Атоми». 7 клас.**

#### **Цілі:**

- сприяти формуванню в учнів навчально - пізнавальної компетенції: знання про будову речовини, атоми, молекули;
- спрямовувати власний досвід дітей на сприйняття законів оточуючого світу;
- розвивати в учнів комунікативну компетенцію: формулювати й аргументувати власні думки, уміння користуватися отриманими знаннями;
- виховувати інтерес до вивчення хімії та інших предметів природничої галузі, самостійність, наполегливість, розширювати світогляд учнів.

#### **Розвивати основні ключові компетентності:**

- компетентність в природничих науках та технологіях;
- спілкування державною мовою;
- ініціативність і підприємливість;
- інформаційно-цифрову компетентність;
- уміння вчитися впродовж життя;
- соціальну компетентність;
- екологічну грамотність.

#### **Реалізація наскрізних ліній:**

- Громадянська відповідальність.
- Екологічна безпека та сталий розвиток.
- Здоров'я і безпека.

**Тип уроку:** комбінований, урок вивчення нового матеріалу.

**Форми роботи:** евристична бесіда, фронтальна робота з класом, робота з текстом підручника, робота з мобільним додатком.

**Обладнання:** підручник, доступ до інтернету, мобільні телефони або

планшети.

### Хід уроку

**I. Організаційний етап.** Емоційне налаштування учнів, створення комфортного психологічного мікроклімату.

**II. Актуалізація опорних знань. Перевірка домашнього завдання.**

***Бесіда за питаннями***

1. *Які правила безпеки потрібно знати та дотримуватись під час роботи в кабінеті хімії?*

2. *Що вивчає хімія?*

3. *Які явища можна віднести до фізичних? до хімічних?(навести приклади фізичних та хімічних явищ).*

4. *Що таке матерія? Які види матерії Вам відомі?*

5. *Що таке фізичне тіло? ( навести приклади фізичних тіл).*

6. *Дайте визначення поняттю «речовина». (навести приклади речовин).*

**III. Мотивація навчальної діяльності.**

*Ми кожного дня користуємося десятками, а іноді й сотнями фізичних тіл, які виготовлені із різних речовин, що відрізняються своїми властивостями. Як же можливо це пояснити? Може, причина ховається у внутрішній будові речовин.*

Знання про будову речовини виникли майже 2 тис. років тому. На думку, давньогрецького філософа Демокрита (460-370 рр. до н.е.), речовина складаються із окремих дрібних (неподільних) частинок – атомів.

**IV. Вивчення нового матеріалу**

1. Атом – це найменша структурна одиниця речовини, що має всі властивості цієї речовини. В атомі зазвичай є ядро, яке складається з протонів і нейтронів, оточене електронною оболонкою. Атоми є основними «будівельними блоками» всіх речовин у Всесвіті.

Атоми мають складну будову. Вони складаються із найменших

частинок матерії: протонів, нейтронів та електронів. Протони й нейтрони утворюють ядро самого атома, навкруги якого із досить великою швидкістю крутяться електрони. Більша частина маси атома зібрана в ядрі.

*Які ж розміри мають атоми?* З'ясувалося, що атоми є досить маленькими частинками, розміром приблизно  $0,0000000001$  м (одна десятимільярдна частинка метра). У ХХ ст. були винайдені електронні мікроскопи, що дали можливість отримати зображення атомів, які збільшені в десятки мільйонів разів.

**Для порівняння:** Головка сталеві шпильки, радіусом 1 мм, має приблизно  $100\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$  чи  $1 \cdot 10^{21}$  атомів. Якщо ж дані атоми розташувати один за одним, то можливо отримати ланцюжок довжиною 20 мільйонів кілометрів, що є приблизно у 50 разів більша за віддаленість між Землею та Місяцем.

*Скільки ж видів атомів зустрічається у природі?* У природі речовини складаються з різних атомів, бо по-інакшому всі речовини були б однаковими. На сьогоднішній день відкрито 118 видів атомів.

*Де можливо дізнатись інформацію про кожен з видів атомів?* Атоми одного типу утворюють хімічні елементи. Будь-який хімічний елемент має – назву та умовне позначення (атом Гідрогену Н, атом Карбону С, атом Урану U). Атоми різних хімічних елементів відрізняються числом протонів у ядрі. Атом – найменша частинка, яка є носієм властивостей будь-якого хімічного елемента. Інформацію про елементи можна довідатись із Періодичної таблиці.

2. *На Землі є більше 110 хімічних елементів. Чи дає це підстави вважати, що є лише 110 речовин?* Фактично існує десятки мільйонів різноманітних речовин, і вчені-хіміки відкривають нові.

*Як же можливо пояснити існування такої величезної кількості різноманітних речовин?* Пояснюється це можна тим, що самі атоми можуть з'єднуватись та об'єднуватись у молекули.

Молекула – це найменша частина хімічної речовини, яка має унікальні властивості речовини. Вона складається з атомів, які з'єднані між собою хімічними зв'язками.

Атоми одного хімічного елемента, утворюють *прості речовини* ( $O_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2$ ). А атоми різних хімічних елементів можуть утворювати молекули *складних речовин*.

3. *Ми виявили, що молекули знаходяться у постійному хаотичному русі. То чому вони не розбігаються навсібіч?* Молекули не розбігаються через силу притягання між ними, що утримує їх разом. Ця сила називається силою міжмолекулярної взаємодії, яка може бути забезпечена різними механізмами, такими як електростатичні взаємодії, дисперсійні сили та водневі зв'язки. Оскільки ці сили діють на молекули, вони утримуються разом і не «розбігаються».

*Якщо між молекулами існує сила тяжіння, то чому уламки розбитої чашки не стають одним цілим, після того як її уламки притиснуть один до одного?* Притягання між молекулами відбувається на дуже маленькій відстані, тому коли чашка розбивається на уламки, молекули можуть вже знаходитись на великій відстані одна від одної. Навіть якщо уламки притискати один до одного, це притягання між молекулами не буде достатньо сильним, щоб утримати їх разом у такому стані, щоб чашка стала цілою знову.

*Чому важко стиснути, закорковану пластикову пляшку, повністю заповнену водою чи всередині якої є монета?* Це можна пояснити законами фізики. Коли вода або монетка знаходиться всередині пляшки, внутрішній тиск води або повітря збільшує силу, яку потрібно застосувати для стискання пляшки. Це може зробити стискання пляшки дуже важким завданням.

4. *Чи є теорія, яка може пояснити будову і властивості речовини?*  
**Молекулярно-кінетична теорія** аналізує будову речовини із погляду трьох основних положень.

Молекулярно-кінетична теорія є моделлю, яка пояснює мікроскопічну природу теплової і енергетичної динаміки речовини. Основні положення цієї теорії включають наступне:

1. Речовина складається з невеликих часток, таких як атоми або молекули, які постійно перебувають у русі і взаємодіють між собою.
2. Частки рухаються хаотично з вибуховою швидкістю і енергією, що приводить до зіткнення між ними.
3. Зіткнення між частками супроводжується обміном енергією та, як наслідок, тепловим рухом тіла.
4. Середня кінетична енергія часток пропорційна їх абсолютній температурі.
5. Зміна агрегатних станів речовин відбувається внаслідок руху молекул, їх зіткнень та обміну енергією.

Ці основні положення допомагають пояснити багато фізичних та хімічних явищ, таких як дифузія, теплопровідність та інші.

#### **IV. Закріплення набутих знань.**

*Проскануйте код і введіть задане слово, обираючи необхідні літери на клавіатурі.*



Рис. 3.1. Завдання до теми «Молекули. Атоми».

**Робота в парах.** Використовуючи Періодичну таблицю хімічних елементів Google[24] дослідіть атоми різних хімічних елементів в доповненій реальності. Представте атом одного хімічного елемента (на ваш вибір).

## V. Підведення підсумків уроку.

## VI. Домашнє завдання:

Опрацювати параграф підручника.

Скласти сенкан про речовину, атом або молекулу (на вибір).

Змодельовати з підручних матеріалів молекули речовин, які містяться у повітрі.

### 3.3. План-конспект уроку з хімії на тему «Будова атома. Склад атомних ядер (протони і нейтрони). Протонне число. Нуклонне число». 8 клас. Хімія.

#### Цілі:

- повторити зміст Періодичного закону, будову Періодичної таблиці;
- вивчити будову атома;
- розкрити фізичний зміст порядкового номера;
- навчити обчислювати число протонів, нейтронів, електронів в атомі, заряд ядра атома, підвести учнів до сучасного формулювання Періодичного закону;
- розвивати вміння застосовувати набуті знання на практиці;
- критично мислити, аналізувати, порівнювати, робити висновки;
- формувати пізнавальний інтерес до предмету, соціальні компетентності учнів - адекватну самооцінку, доброзичливе ставлення один до одного, вміння слухати;
- сприяти формуванню наукового світогляду учнів.

#### Розвивати основні ключові компетентності:

- компетентність в природничих науках та технологіях;
- спілкування державною мовою;
- ініціативність і підприємливість;
- інформаційно-цифрову компетентність;

- уміння вчитися впродовж життя;
- соціальну компетентність;
- екологічна грамотність.

**Реалізація наскрізних ліній:**

- Громадянська відповідальність.
- Екологічна безпека та сталий розвиток.
- Здоров'я і безпека.

**Тип уроку:** комбінований, урок засвоєння знань, умінь і навичок та їх творчого застосування на практиці.

**Форми роботи:** евристична бесіда, фронтальна робота з класом, робота з текстом підручника, перевірка знань у формі гри з кубиком, робота з мобільним додатком.

**Обладнання:** кубик, підручник, доступ до інтернету, мобільні телефони або планшети.

### Хід уроку

**I. Організаційний етап.** Емоційне налаштування учнів, створення комфортного психологічного мікроклімату.

**II. Актуалізація опорних знань. Перевірка домашнього завдання.**

Для того, щоб повторити тему минулого уроку, пропоную просканувати код (рис. 3.2) і виконати завдання, що стосується Періодичного закону.



Рис. 3.2. Завдання для повторення теми «Періодичний закон».

### III. Мотивація навчальної діяльності.

Демокрита прийнято вважати творцем ідеї атома. Цей старогрецький філософ, відомий своєю теорією атомів, пропонував цікавий підхід до поняття поділу яблука. Одного дня Демокрит сидів біля моря на камені, у руці тримав яблуко й розмірковував: «що яблуко можна поділити на дуже малі частки (атоми), які не можна поділити на ще менші частинки». Це поняття відображає його віру в те, що матерія складається з неподільних часток, «атомів». Спробуйте подумати про яблуко у контексті атомів і поділу його на невидимі складові частки!

Він вважав, що всі речі складаються з неподільних, найменших незмінних частинок – атомів. Тобто він був одним із перших, хто висловив концепцію атомізму, яка вплинула на подальший розвиток науки.

Ви вже знаєте, що всі речовини утворюються із атомів. Що ж таке атом? (Хімічно неподільна частинка – це атом). Атом є найменшою одиницею речовини, яка має всі властивості цієї речовини і складається з ядра (що містить протони та нейтрони), оточеного електронами).

Довго існувала думка, що атоми — найменші частинки речовини та не містять інших, простіших складових частинок, тому вони неподільні та не можуть перетворюватись на інші атоми. Але у кінці XIX ст. фізики підтвердили складну будову атома експериментально.

- Відкриття рентгенівських променів (1895),
- Відкриття явища радіоактивності (1896),
- Відкриття електрона (1897)

Дані відкриття призвели до революції у природознавстві, зокрема дали можливість перегляду понять про структуру та властивості речовини, через те що, атом є складним утворенням. Водночас відкриття радіоактивності мало велике значення у формуванні складної природи атома та розкритті його структури.

Отож, мета нашого уроку: *з'ясувати будову атома.*

### IV. Вивчення нового матеріалу.

Радіоактивність була відкрита українським вченим Марією Склодовською-Кюрі у 1896 році. Марія разом із чоловіком, П'єром Кюрі, здійснили дослідження з вивчення радіоактивності та виявили нові хімічні елементи полоній і радій. Це відкриття важливо для розвитку ядерної фізики та медицини і принесло Марії Склодовській-Кюрі Нобелівську премію з фізики у 1903 році.

**Робота в групах.** Використовуючи мобільний додаток LiCo. Radiochemistry (рис. 3.3), дослідіть у доповненій реальності явище радіоактивності. Чи відбувається перетворення атома? Чи утворюється інша речовина? Які частинки випромінюються?



Рис. 3.3. Робота мобільного додатка LiCo. Radiochemistry ( $\alpha$ -розпад).

**Ернест Резерфорд (1911 р.)** проаналізував неоднорідність радіоактивного випромінювання і запропонував *планетарну модель будови атома*.

**А)** Резерфорд зауважив, що радіоактивні елементи можуть випромінювати три види променів:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ .

**Робота в групах.** Перевірте твердження Резерфорда в доповненій реальності, використовуючи мобільний додаток LiCo. Radiochemistry.

$\gamma$ -випромінювання у електромагнітному полі не відхиляється.  $\alpha$ -випромінювання в бік катода відхиляється,  $\beta$ -випромінювання у бік анода.

Виходячи із досліджень Резерфорд започаткував планетарну модель будови атома (рис. 12).

**Б)** У 1911 р. англійський учений Ернест **Резерфорд** запропонував і структурував *основні положення планетарної будови моделі атома*:

1. Протони та нейтрони розміщені в ядрі атома, що має додатні заряди (протони) і нейтральний заряд (нейтрони).

2. Електрони обертаються навколо ядра на певній відстані у електронних оболонках.

3. Якщо електрон отримує енергію, він може перейти на більш віддалену оболонку, або, навпаки, віддати енергію та повернутися на ближчу оболонку.

Це лише деякі основні аспекти моделі атома, які були вироблені на основі наукових досліджень і експериментів в галузі квантової фізики.

Фізичний зміст порядкового номеру ядро елемента полягає у визначенні кількості протонів у ядрі атома. Цей номер вказує на атомний номер елемента у Періодичній таблиці хімічних елементів, а також допомагає визначити електронну конфігурацію елемента. Він є важливим показником для встановлення властивостей атома та хімічної активності (рис. 3.4).

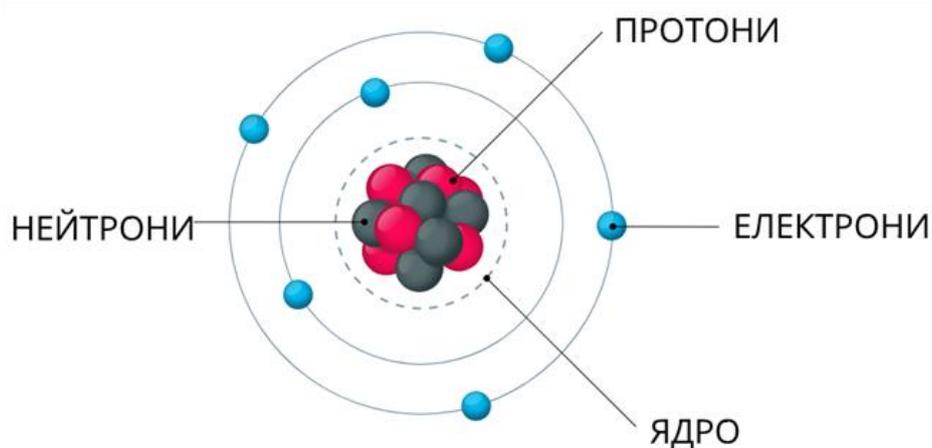


Рис. 3.4. Модель атома.

Протонне число відповідає кількості протонів в ядрі атома хімічного елемента. Дорівнює порядковому номеру елемента і заряду ядра.

Нуклонне або масове число дорівнює сумі протонів та нейтронів. Нуклід уявляє собою будь-який вид атома із певним визначеним протонним і нуклонним числом.

**Нейтрон** сприймається як елементарна частка, яка не має заряду і є частиною атомного ядра разом з протонами. Вона є дуже стабільною та важливою для процесів ядерного реакції.

**Протон** уявляє собою позитивно заряджену частинку. Заряд протона є рівним заряду електрона, проте протилежний за знаком. Але і протони, і нейтрони мають масу, яка приблизно дорівнює 1 а.о.м (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

## Властивості елементарних частинок

Назва	Символ	Маса	Заряд	Кількість в атомі
Ядро				
Протон	$p, {}^1_1p, {}^1_1H$	1	1	Дорівнює порядковому номеру елемента в ПТ
Нейтрон	$n^0, {}^1_0n$	1	0	Дорівнює різниці масового числа і порядкового номера елемента і ПТ
Електронна оболонка				
Електрон	$e, {}^0_{-1}e, \beta$	0	-1	Дорівнює порядковому номеру елемента в ПТ

**Робота в групах.** Розгляньте Періодичну таблицю: відшукайте зв'язок між розміщенням елементів та їх відносними атомними масами. Чи знайшли ви суперечності?

Встановлення фізичного змісту порядкового номера надало інше обґрунтування розташуванню хімічних елементів у Періодичній системі. Виявилось, що елементи розташовані не за збільшенням атомної маси, а за збільшенням заряду ядер атомів. Пояснення отримала суперечність в

Періодичній системі – розташування трьох пар хімічних елементів (Аргон та Калій, Кобальт та Ніколь, Телур та Йод) не у порядку збільшення їх атомних мас, а зовсім навпаки. З'ясувалося, що дане розташування відповідає розмірам зарядів ядер атомів відповідних елементів. Отож, суперечності тут не виявлено.

Сучасне формулювання Періодичного закону, як відомо, говорить про те, що властивості хімічних елементів повторюються відповідно до змін їх атомних номерів у періодичному порядку (збільшення кількості протонів у ядрі).

#### IV. Закріплення набутих знань

1. Визначте протонні, нуклонні числа та кількості електронів для Літію, Карбону, Оксигену.

2. Заповніть таблицю.

Елемент	Заряд ядра	Число протонів	Число електронів	Число нейтронів	Протонне число	Нуклонне число
Карбон						
Натрій						

#### V. Підведення підсумків уроку.

VI. Домашнє завдання: Опрацювати параграф підручника. Виконати вправи.

**3.4. План-конспект уроку бінарного уроку (фізика, хімія) на тему «Сучасна модель атома. Протонно-нейтронна модель ядра атома».**

#### Цілі:

- сформулювати уявлення про атом і атомне ядро,
- ознайомити учнівство з дослідом Резерфорда, розглянути планетарну модель атома;
- розвивати логічне мислення;

- вчити робити висновки та узагальнення;
- критично мислити, аналізувати, порівнювати, робити висновки;
- формувати пізнавальний інтерес до предмету;
- виховувати почуття відповідальності за збереження навколишнього середовища.

**Розвивати основні ключові компетентності:**

- компетентність в природничих науках та технологіях;
- спілкування державною мовою;
- ініціативність і підприємливість;
- інформаційно-цифрову компетентність;
- уміння вчитися впродовж життя;
- соціальну компетентність;
- екологічна грамотність.

**Реалізація наскрізних ліній:**

- Громадянська відповідальність.
- Екологічна безпека та сталий розвиток.,
- Здоров'я і безпека.

**Тип уроку:** комбінований, урок засвоєння знань, умінь і навичок та їх творчого застосування на практиці.

**Форми роботи:** евристична бесіда, фронтальна робота з класом, робота з текстом підручника, перевірка знань у формі гри з кубиком, робота з мобільним додатком.

**Обладнання:** підручник, доступ до інтернету, мобільні телефони або планшети..

### **Хід уроку**

**I. Організаційний етап.** Емоційне налаштування учнів, створення комфортного психологічного мікроклімату.

**II. Актуалізація опорних знань. Перевірка домашнього завдання.**

### Методичний прийом «Здивуй!»

Багато-хто із вас напевне чув про запуск на у 2008 р. величезного адронного колайдера. Для його створення були витрачені величезні кошти: Франція, Німеччина, Японія об'єднались, для того, щоб його зробити.

Але, для чого розщеплювати атомні ядра та чому управління різних країн фінансують досліджування першооснови матерії у великих обсягах, ви зможете дізнатися, вивчивши дану тему.

На середині ХХ-го століття науковці виявили, що складними є не лише атом, але і атомне ядро, що складається із протонів та нейтронів. А от у другій половині ХХ-го століття з'ясували, що й дані частки є складними, складаються із частинок, назва яких «кварки». Дані частки із дробовим електричним зарядом у вільному стані не існують. Дослідження атомного ядра розкрило для людей нові джерела енергії, хоча до сьогодні у багатьох країнах працюють та і будуть працювати атомні електростанції.

**Згадаємо будову атома і атомного ядра.** Атом складається із ядра і електронної хмари навколо. У свою чергу, ядро, має частинки двох видів: частинки, які мають позитивний електричний заряд - протони та частинки, які не мають заряду – нейтрони. Маса нейтрона приблизно дорівнює масі протона. Маса електрона майже в 2000 разів менша за масу протона. Протони та нейтрони, які входять до складу ядра атома, разом (сумарну кількість) називають нуклонами, позначають символом А.

Атом є електронейтральним, іншими словами сумарний заряд протонів, який міститься в ядрі, дорівнює сумарному заряду електронів, які обертаються навколо ядра. У зв'язку з тим що, заряд протона відповідає заряду електрона, то можна зробити висновок: в атомі кількість протонів за величиною відповідає кількості електронів. Кількість протонів у ядрі – протонне (чи зарядовим) число позначають символом Z. У ядрі (протонному числу) кількість протонів дорівнює порядковому номеру елемента у періодичній системі хімічних елементів  ${}_Z\text{X}^A$ .

### Фронтальне опитування. Методичний прийом «Ланцюжок».

1. Дати визначення поняття «атом».
2. Хто увів дане поняття в науковий обіг?
3. Скільки видів атомів на сьогоднішній день відомі вченим?
4. Дайте визначення поняттю «електрон».
5. Який заряд електрона?
6. Який заряд ядра?
7. Чи взаємодіють заряджені частинки?

### III. Вивчення нового матеріалу

Властивості та поведінку атомних ядер вивчає ядерна фізика, а також ядерних реакцій. Це допомагає науковцям краще розуміти структуру атомів, взаємодію елементарних частинок і використання ядерної енергії.

Слово «атом» походить з грецької мови і означає "неподільний". Тривалий час вчені визначали, що атоми є неподільними «цеглинками світобудови». Усі речовини складаються із різних видів атомів.

Складність атомів визначається кількістю електронів та протонів у їх структурі. Атом складається з ядра, де містяться протони та нейтрони, оточеного оболонкою електронів. Найпростіші атоми, такі як атом Гідрогену (водню), мають один протон та один електрон, тоді як більш складні атоми, наприклад, уран, можуть мати значно більшу кількість електронів та протонів.

Електрон був відкритий англійським фізиком Джозефом Джоном Томсоном у 1897 році. Він проводив експерименти з катодними променями, що виявилися потоками електронів. Томсон визначив відношення маси до заряду електрона та розрахував його заряд. Електрон став фундаментом для розвитку електроніки та мікроскопії. Він провів експеримент з вимірювання залежності маси електрону від швидкості, що підтвердило існування електрона як частки.

**Робота в групах.** Пригадайте модель атома Томсона. Змодельуйте атом за Томсоном, використовуючи підручні матеріали.

Дослід Резерфорда – це класичний експеримент, проведений у 1909

році англійським фізиком Ернестом Резерфордом. Під час досліду він опромінював потоком  $\alpha$ -частинок лист золотої фольги. Виявилося, що більшість протонів летить повз ядра атомів, але деякі з них відбиваються під гострими кутами. Це довело існування ядра атома та його структуру (рис. 3.5).

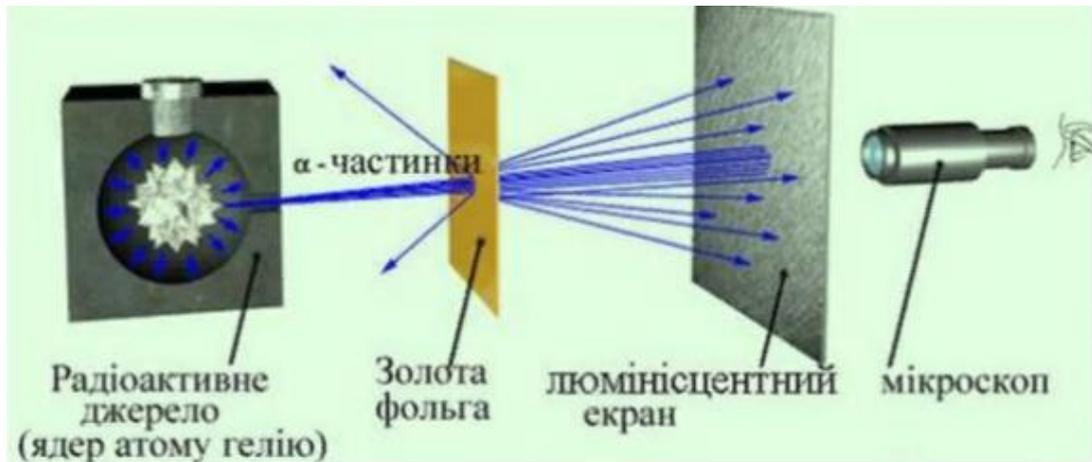


Рис. 3.5. Схема досліду Резерфорда.

#### Підсумок досліду:

1. Багато  $\alpha$ -частинок проникли крізь фольгу, не змінивши траєкторію руху чи відхилившись на незначний кут.
2. Певна кількість  $\alpha$ -частинки відхилились на кут  $135^\circ$ - $150^\circ$ , невелика кількість  $\alpha$ -частинок відбилася.

Згідно з результатами досліду, виявлено, що позитивно заряджена частина атома (відома як ядро) зосереджена у середині атома і має значно менші розміри, ніж сам атом. Це був важливий крок у розвитку моделі атома та розумінні його будови. *Які висновки можемо зробити з досліду Резерфорда?*

Планетарна модель атома — це модель атома, запропонована британським фізиком Ернестом Резерфордом, яка нагадує модель Сонячної системи. За цією моделлю, електрони рухаються по орбітах навколо ядра, яке складається з протонів і нейтронів (рис. 3.4).

**Робота в групах.** Пригадайте модель атома Резерфорда. Змодельуйте атом за Резерфордом, використовуючи підручні матеріали.

*З огляду на це сформувалася планетарна модель атома:*

1. У позитивно зарядженому ядрі сконцентрована майже вся маса атома. Величина ядра порядку  $10^{-14}$ - $10^{-15}$  м (атома  $10^{-10}$  м).

2. Навкруги масивного ядра пересуваються легкі електрони по замкнених орбітах, сумарний негативний заряд дорівнює позитивному заряду ядра.

Отже, ядро утворюється із позитивно заряджених частинок – протонів (позначають «р») та нейтральних частинок – нейтронів (позначають «n»), що називаються нуклонами. Їхнє число дорівнює масовому числу елемента у Періодичній таблиці – А.

Z – порядковий номер в Періодичній таблиці, у атомі демонструє заряд ядра в нормальному стані, кількість протонів і електронів в атомі.

$N = A - Z$ , формула для визначення нейтронів у атомі.

Розберемо позначення у ядрах елементів символом  ${}_Z X^A$ , у якій X – символ хімічного елемента. Приклад,  ${}_1\text{H}^1$  Гідроген (водень),  ${}_2\text{He}^4$  Гелій,  ${}_8\text{O}^{16}$  Оксиген (кисень).

Фізики виявили, що всередині ядра всі частинки одна до одної притягуються, при цьому немає різниці які: нейтрон до нейтрона, протон до протона, протон до нейтрона. Дане явище відбувається внаслідок взаємодії іншого виду, що є набагато сильнішою, ніж саме електромагнітне відштовхування протонів. Разом з тим взаємодія нуклонів є сильною взаємодією.

#### **IV. Закріплення нових знань**

##### **Розв'язування завдань:**

1. Яка кількість нуклонів, протонів та нейтронів є у ядрах наступних хімічних елементів:

$${}_4\text{B}^9 \quad A = 9, \quad Z = 4, \quad N = 9 - 4 = 5;$$

$${}_{13}\text{Al}^{27} \quad A = 27, \quad Z = 11, \quad N = 27 - 11 = 16;$$

$${}_{82}\text{Pb}^{207} \quad A = 207, Z = 82, \quad N = 207 - 82 = 125 .$$

2 . Що спільного та відмінного у поданих нуклідах:



### V. Підведення підсумків уроку

На сьогоднішній день велике суспільне значення ядерної фізики та радіохімії полягає у можливостях забезпечення на тривалий період людства високоефективними джерелами енергії.

У підсумку дослідів, які проведені під керівництвом Ернеста Резерфорда, виникла думка про ядерну модель будови атома, відповідно до якою атом має у своєму складі позитивно заряджене ядро, яке займає порівняно мало місця усередині атома, та негативно заряджені електрони. Електронна хмара відповідно займає майже увесь об'єм атома, але порівняно із масою атома її маса є незначною.

Отже, ядра атома складаються із нуклонів — протонів та нейтронів. Кількість протонів у ядрі атома вибраного елемента відповідає порядковому номеру даного елемента у Періодичній таблиці. Завдяки сильній взаємодії у ядрі нуклони втримуються разом, ця взаємодія є значно сильнішою за електромагнітну.

**VI. Домашнє завдання:** Опрацювати параграф підручника. Виконати вправи. Використовуючи Періодичну таблицю хімічних елементів Googledослідіть атоми різних хімічних елементів в доповненій реальності. Які закономірності ви помітили? Як будова атомів речовин впливає на їх властивості?

### 3.5. Результати опитування учнівства 7-9 класів щодо ефективності використання технології AR на уроках хімії

Для опитування було розроблено анкету з 11 запитань.

### **Анкета «Чи потрібні технології AR для навчання?»**

**Мета:** отримати зворотній зв'язок від користувачів мобільних додатків з доповненою реальністю з хімії; дослідити ефективність використання технології AR на уроках хімії.

**1. Чи використовували Ви інформаційно-комунікаційні технології на уроках хімії?**

- а) Так;
- б) Ні;
- в) Не знаю.

**2. Чи виконували Ви на уроках інтеарктивні вправи?**

- а) Так;
- б) Ні;
- в) Не знаю.

**3. Чи використовуєте у повсякденному житті мобільні додатки?**

- а) Так;
- б) Ні;
- в) Не знаю.

**4. Чи використовуєте Ви мобільні додатки для виконання домашніх завдань та вивчення початкового матеріалу?**

- а) Так;
- б) Ні;
- в) Не знаю.

**5. Чи розумієте Ви зміст поняття «доповнена або змішана реальність»?**

- а) Так;
- б) Ні;
- в) Не знаю.

**5. Чи користувалися Ви симуляціями віртуальної реальності?**

- а) Так;
- б) Ні;

в) Не знаю.

**6. Чи є ефективним, на Вашу думку, використання технології доповненої реальності на уроках?**

а) Так;

б) Ні;

в) Не знаю.

**7. Оцініть ефективність використання мобільних додатків з доповненою реальністю ( у разі їх використання)на уроках хімії у 5-бальній шкалі (де 5 – дуже допомагає у засвоєнні навчального матеріалу, 1 – зовсім не потрібен).**

а) оцінка 5, оцінка 4, оцінка 3, оцінка 2, оцінка 1

б) мобільний додаток не використовувався.

**8. Що може перешкоджати використанню Вами мобільних застосунків (проставте галочки)?**

Мій телефон не підтримує додаток;

Поганий зір;

Загальний стан здоров'я;

Мені це не цікаво;

Є цікавіші ігри;

Батьки забороняють.

**9. Що необхідно змінити для більш ефективного використання технологій доповненої реальності у школі (проставте галочки)?**

Подолати упередженість батьків;

Змінити свідомість вчителя;

Підвищити кваліфікацію викладачів;

Знайти інвестиції для школи;

Замінити старе обладнання;

Все гаразд, нічого.

**10. Як може змінитися освітній процес за умови використання технології доповненої реальності на уроках у школі (проставте галочки)?**

- Навчальний процес стане якісним, цікавим;
- Збільшиться мотивація до навчання;
- Покращення засвоювання інформації;
- Усвідомлення практичного аспекту навчання;
- Навчання стане наочним;
- Підвищення контролю з боку батьків;
- Не забувати про “живе” спілкування.

**11. Чи вважаєте Ви доцільним використання технології доповненої реальності на інших уроках?**

- а) Так;
- б) Ні;
- в) Не знаю.

У опитуванні взяли участь учні/учениці 7-9 класів Черніївського ліцею Івано-Франківської міської ради (загальна вибірка 50 осіб; учнівство 7-х класів – 23 особи; учнівство 9-х класів – 27 осіб). Результати опитування показали, що всі учні та учениці користуються мобільними додатками у повсякденному житті для вирішення буденних завдань та використовували їх у процесі навчання. Також усі опитані ствердно відповіли на запитання №6 щодо дефективності використання технології доповненої реальності на уроках хімії.

Графічне представлення результатів анкетування за питанням №7 показано на рис. 3.6. Як бачимо з рис. 3.6. під час оцінки ефективності використання технології доповненої реальності оцінку «5» поставили 38% опитаних (19 осіб), оцінку «4» – 47% (23 особи), оцінку «3» – 15% (8 осіб). Оцінки «2» і «1» - опитувані не поставили взагалі.

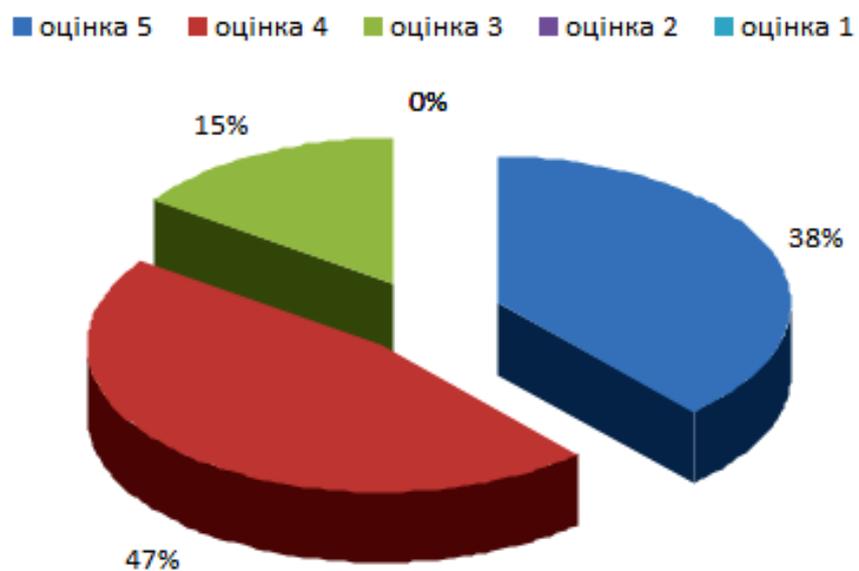


Рис. 3.6. Оцінка ефективності використання технології доповненої реальності на уроках хімії (результати анкетування).

## ВИСНОВКИ

1. Використання доповненої і віртуальної реальності у освіті має як позитивні, так і негативні сторони. До позитивних сторін можна віднести: зацікавлення учнів (використання технологій доповненої та віртуальної реальності може допомогти залучити увагу учнів і зробити навчання ефективнішим), візуалізацію (ці технології дозволяють створювати віртуальні моделі та симуляції, що допомагають краще зрозуміти складні поняття) та інтерактивність (вони створюють можливість для інтерактивної взаємодії з матеріалами навчання).
2. До недоліків належать: формування залежності учнівства від мобільних застосунків, глибинне занурення у віртуальний світ, втрата відчуття реальності, фінансові аспекти (постійне оновлення програмного забезпечення, купівля нових моделей телефонів тощо)
3. Використання віртуальних додатків на уроках дозволяє зробити навчання більш цікавим і залучити учнів до процесу навчання. Це дає можливість створювати інтерактивні завдання, візуалізувати складні концепції, забезпечувати доступ до додаткових матеріалів і ресурсів, а також сприяє розвитку навичок роботи з сучасними технологіями. Крім того, віртуальні додатки можуть бути корисними для індивідуалізації навчання, адаптації змісту під потреби кожного учня, а також для оцінки навчальних досягнень.
4. Інтерактивні методи та технології дозволяють вчителям створювати динамічні уроки, де учні можуть активно брати участь, спілкуватися, розв'язувати завдання та взаємодіяти один з одним. Наприклад, використання ігор, дискусій, групових проєктів та онлайн платформ для навчання може підвищити ефективність навчання і продемонструвати практичний аспект вивченого матеріалу та можливість використання його в дорослому житті.

### Список використаних літературних джерел

1. Зільберман Н. М., Сербін В.А., Можливості використання додатків доповненої реальності освіти. Відкрита та дистанційна освіта. 2014. No 4(56).С. 28-33.
2. Авербух Н.В., Психологічні аспекти феномена присутності у віртуальному середовищі. Питання психології. 2010. No 5. С. 105–113.
3. Хуторський А. В. Евристичне навчання: Теорія, методологія, практика: Міжнародна педагогічна академія, 1998. 266 с.
4. Литвинова С. Г., Методика використання технологій віртуального класу вчителем в організації індивідуального навчання учнів [Текст] : автореф. дис. канд. пед. наук : 13.00.10 / Литвинова Світлана Григорівна ; Ін-т інформ. технологій і засобів навчання НАПН України. - К., 2011. - 22 с. : рис., табл.
5. Доповнена, віртуальна та інші реальності: <https://www.it.ua/knowledge-base/technologyinnovation/dopolnennaja-virtualnaja-i-prochie-realnosti> .
6. Гончарова Н. О. Візуалізація навчальної інформації через використання технології доповненої реальності / Н. О. Гончарова // Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 18–19 квітня 2019 року / М-во освіти і науки України; М-во культури України; Київ. нац. ун-т культури і мистецтв.— Київ: Видавничий центр КНУКіМ, 2019.
7. <https://www.slideshare.net/AlexVoronkin/ss-251581623>
8. [https://educationpakhomova.blogspot.com/2019/12/ar\\_18.html](https://educationpakhomova.blogspot.com/2019/12/ar_18.html)
9. Енциклопедії з доповненою реальністю IEXPLORE. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://shop.talantbooks.com.ua/uk/catalog-ukr/yentsikloped/encikloped%D1%96%D1%97- dopovnenaju-realn%D1%96stju-iexplore/>.
10. <https://nachasi.com/tech/2021/08/17/periodic-table-google/>
11. Воронкін О.С. Основи використання інформаційно-компютерних

технологій в сучасній вищій школі: навч. посібник / О. С. Воронкін. – Луганськ : Видавництво Луганського державного інституту культури і мистецтв, 2011. – 156 с.

12. Воронкін О.С. Технології доповненої реальності як елемент формування цифрової компетентності педагогічних працівників у системі післядипломної освіти / О.С. Воронкін // Професійний розвиток фахівців у системі освіти дорослих: історія, теорія, технології : збірник матеріалів IV-ої Всеукраїнської Інтернет-конференції (Київ, 16 жовтня 2019 р.). – К. : Агроосвіта, 2019. – С. 112-114.

13. Гончарова Н. О., Технологія доповненої реальності в підручниках нового покоління. Проблеми сучасного підручника. 2019. No 22. С. 46-56. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/716685/1/9c8b6a35b1ea5b7130c1ae9942824e97.pdf> .

14. Климнюк В. Є. Віртуальна реальність в освітньому процесі. Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2018. No 2 (56). С. 207–212.

15. Сороко Н. Р., Функції доповненої реальності для підтримки Steam освіти в закладах загальної освіти. Фізико-математична освіта, 29(3), 24–30. 2021. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-029-3-004> (Original work published).

16. «Імерсивні технології в освіті»: збірник матеріалів I Науково-практичної конференції з міжнародною участю. / упоряд.: Н.В. Сороко, О.П. Пінчук, С.Г. Литвинова. Київ : ІТЗН НАПН України, 2021. 169 с.

17. Морзе Н. В., Балик Н.Р., Шляхи формування підприємницької компетентності майбутніх інформатиків. Інформатика та інформаційні технології в навчальних закладах. 2015. No1. С. 8–17.

18. Пінчук О. З., Імерсивні технології в навчанні: проблема чи перспектива? // Proceedings of the XII International scientific-practical conference «INTERNET-EDUCATION-SCIENCE» (IES-2020), Ukraine, Vinnytsia, 26-29 May 2020. – Vinnytsia : VNTU, 2020. – С. 257–258.

19. Климнюк В. Є., Віртуальна реальність в освітньому процесі.

Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. 2018. № 2 (56). С. 207–212.

20. Сороко Н. Р., Функції доповненої реальності для підтримки Steam освіти в закладах загальної освіти. *Фізико-математична освіта*, 29(3), 24–30. 2021. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-029-3-004> (Original work published 23, Червень 2021).

21. Віртуальні лабораторні роботи у викладанні природничих наук АТЗТ «Квазар-мікротехно»: (підсумки конгресу конференцій «ІТО-2004») Київ, 2004.

22. Особливості використання імерсивних технологій (віртуальної і доповненої реальності) в медичній освіті та практиці / О.І. Ковальчук, М.П. Бондаренко, А.Г. Охрей, І.Ю. Прибисько, Є.М. Решетник. *Морфологія*. 2020. № 14 (3). С. 158–164.

23. Сороко Н. В. Використання імерсивних технологій для підтримки STEAM-освіти у закладу загальної середньої освіти (зарубіжний досвід). Педагогічна компаративістика і міжнародна освіта — 2021: інновації в освіті в контексті європеїзації та глобалізації: матеріали V Міжнародної наук.-практ. конференції (Київ, 27–28 травня 2021 р.) / Ін-т педагогіки НАПН України / за заг. ред. О.І.Локшиної. – Тернопіль : Крок, 2021. 227-229. DOI: <https://doi.org/10.32405/978-966-97763-9-6-2021-322>

<https://undip.org.ua/library/pedahohichna-komparatyvistyka-i-mizhnarodnaosvita-2021-innovatsiyi-v-osviti-v-konteksti-yevropeyizatsiyi-ta-hlobalizatsiyi/>

24. <https://artsexperiments.withgoogle.com/periodic-table/>

25. Augmented reality as a part of STEM lessons/ L.Midak, I. Kravets, O. Kuzyshyn, L.Baziuk, Kh.Buzhdyhan, Ju.Pahomov// *Journal of Physics: Conference Series*. – 2021.- 1946 - P. 1 12. DOI: 10.1088/1742-6596/1946/1/012009.

26. Augmented reality while studying radiochemistry for the upcoming chemistry teachers/ L. Midak, I. Kravets, O. Kuzyshyn, T. Kostiuk,

Kh.Buzhdyhan, V. Lutsyshyn, I. Hladkoskok, A. Kiv, M. Shyshkina// Proceedings of the 4 th International Workshop on Augmented Reality in Education, Kryvyi Rih, Ukraine, May 11, 2021. - <http://ceur-ws.org> . - Vol-2898. – P. 147-158.

27. Visualizing the school organic chemistry course with augmented reality/ L. Midak, Ju. Pahomov, O. Kuzyshyn, V. Lutsyshyn, I. Kravets, Kh. Buzhdyhan and L. Baziuk// Journal of Physics: Conference Series. – 2022.- 2288 - P. 1 9. DOI:10.1088/1742-6596/2288/1/012017.

28. Мідак Л.Я., Кравець І.В., Кузишин О.В., Базюк Л.В. Органічні речовини. Атлас-довідник. – Івано- Франківськ: пп Голіней О.М., 2018. – 80 с.

## Додаток А

## Використання мобільних додатків з доповненою реальністю

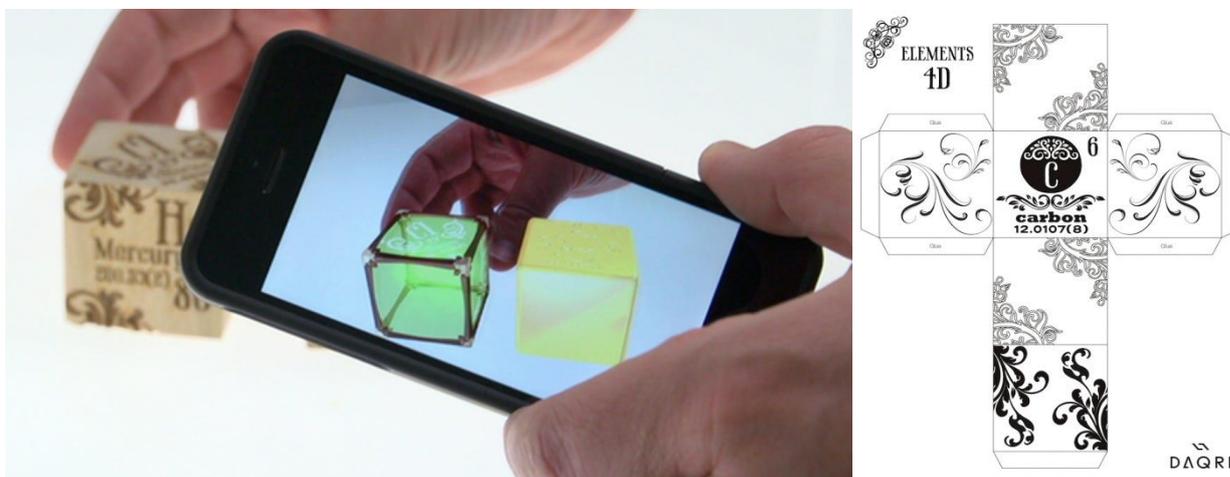


Рис. 1. Мобільний додаток Elements 4D (DAQRI).

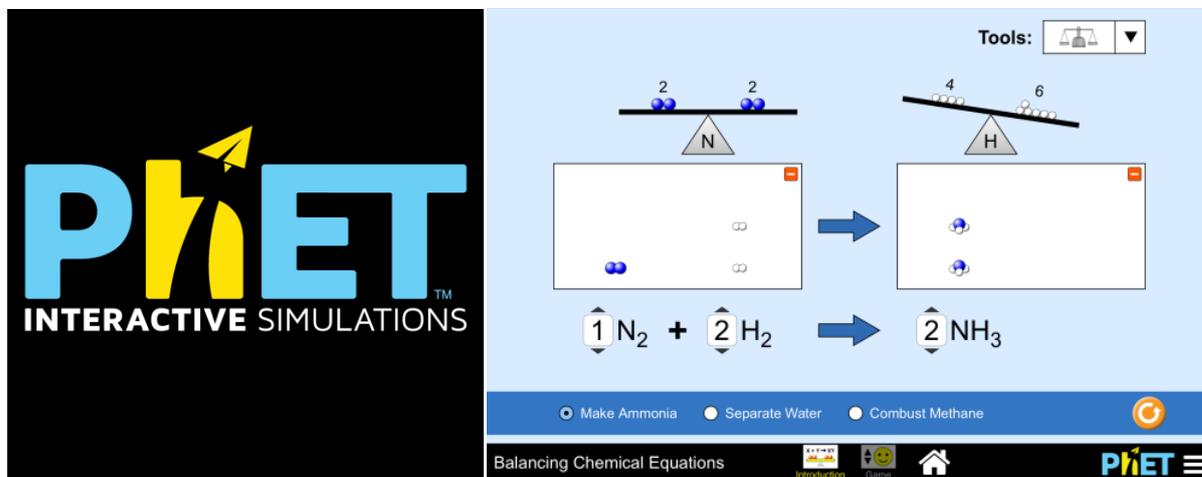


Рис. 2. Віртуальна лабораторія PhET Interactive Simulations.



Рис. 3. Віртуальна лабораторія Labster.



Рис. 4. Мобільний додаток AR-3D Sciene (Panther Studio).

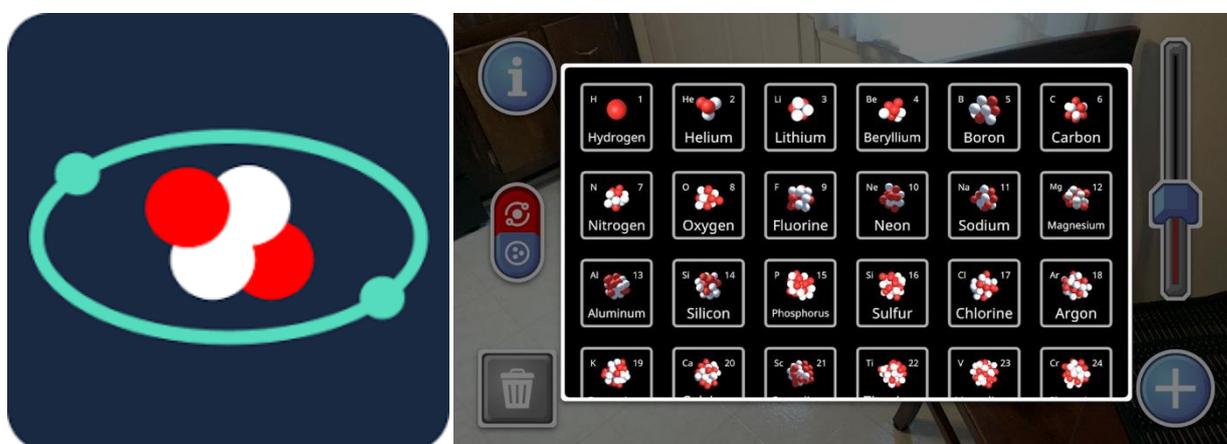


Рис. 5. Мобільний додаток Atom Visualizer for ARCore (Signal Garden Research)



Рис. 6. Маркер для мобільного додатка VeeFree (ГО «Майстерня освітніх інновацій LiCo»)

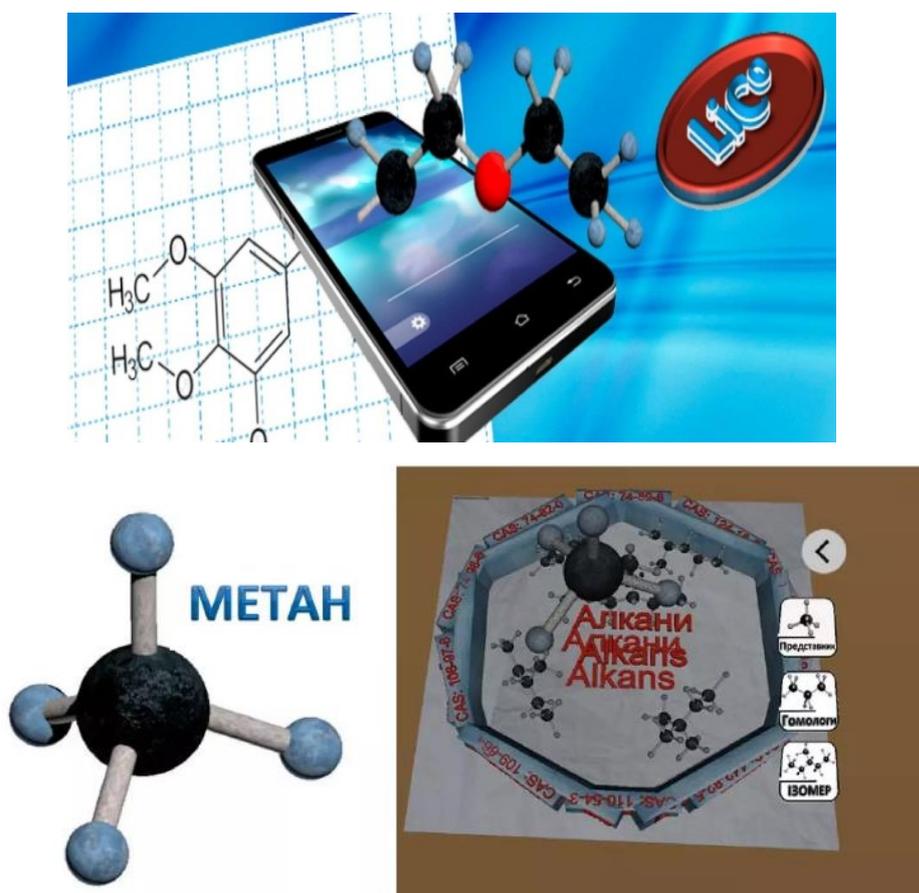


Рис. 7. Робота мобільного додатка LiCo.Organic (ГО «Майстерня освітніх інновацій LiCo»)

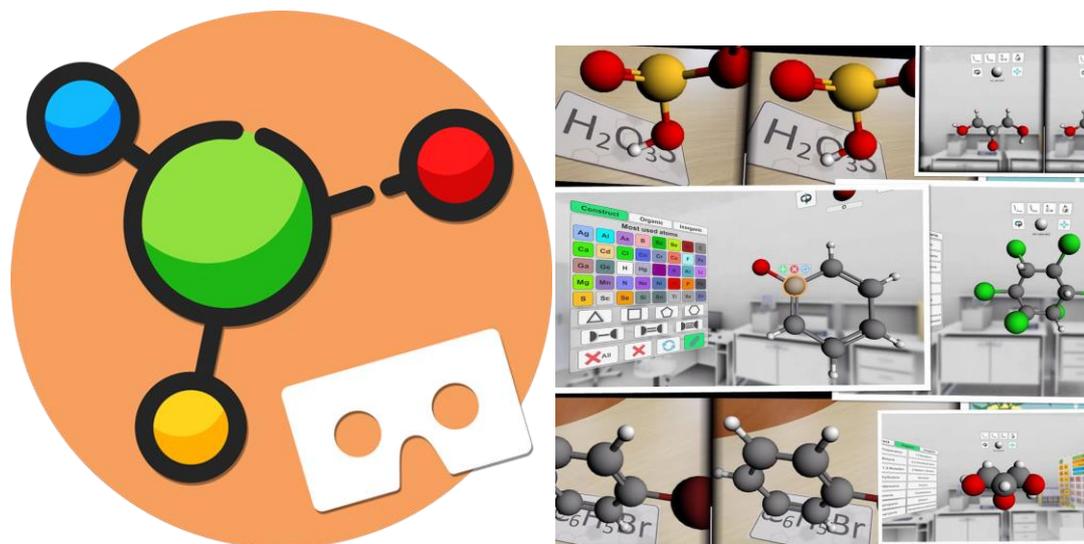


Рис. 8. Віртуальна лабораторія AR VR Molecules Editor (Virtual Space LLC)