

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій,
обліку та фінансів
Кафедра комп'ютерних технологій
і моделювання систем

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Іщенко Володимир Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача освіти)

УДК 004.09:004.94.1

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Ігровий додаток для вивчення курсу з хімії

(тема роботи)

122 “Комп'ютерні науки”

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
Тимонін Юрій Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)
к.т.н., доцент
(науковий ступінь, вчене звання)

Висновок кафедри комп'ютерних технологій і моделювання системза результатами попереднього захисту: допущенийПротокол засідання кафедри комп'ютерних технологій і моделювання систем
№ 20 від «05» червня 2026 р.Завідувач кафедри комп'ютерних технологій і моделювання системк. пед. н., доцент(науковий ступінь, вчене звання)
батькові)

(підпис)

КОВАЛЬЧУК М. О.
(прізвище, ім'я, по

«05» червня 2026 р.

Результати захисту кваліфікаційної роботиЗдобувач вищої освіти Іщенко Володимир Володимирович захистив
(прізвище ,ім'я, по батькові)

кваліфікаційну роботу з оцінкою: _____

сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар ЕК

лаборант кафедри

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

КОРОЛЬЧУК В. В.

(прізвище, ім'я, по батькові)

АНОТАЦІЯ

Іщенко В. В. Ігровий додаток для вивчення курсу з хімії.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки». – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

Кваліфікаційна робота присвячена архітектурному проєктуванню та програмній реалізації інтерактивного навчального додатку для вивчення хімії в ігровому середовищі. У роботі виконано детальний аналіз предметної області, сучасних цифрових освітніх платформ та гейміфікованих рішень, що дозволило сформулювати вимоги до функціоналу системи.

Інструментарій розробленого додатку забезпечує подання теоретичного матеріалу у вигляді покрокових навчальних панелей, виконання інтерактивних тестових завдань та автоматизоване збереження результатів користувача. Реалізовані модулі підтримують відображення прогресу, нарахування винагород за правильні відповіді, формування індивідуальної траєкторії навчання та миттєвий зворотний зв'язок. Система дозволяє оцінювати рівень засвоєння матеріалу та забезпечує підвищення мотивації за рахунок елементів гейміфікації

Запропоновано та реалізовано клієнтську архітектуру на базі Unity з використанням мови програмування C# для логіки взаємодії та SQLite як вбудованої системи керування базами даних. Такий підхід забезпечує автономність роботи додатку, стабільне збереження прогресу, масштабованість та можливість подальшого розширення навчального контенту. Система має модульну структуру, що дозволяє інтегрувати нові теми, тести та інтерактивні елементи без зміни основної архітектури

Ключові слова: інтерактивний додаток, гейміфікація, навчання хімії, тестування, освітні технології.

SUMMARY

Ishchenko V. V. Game-Based Application for Studying a Chemistry Course

Qualification work for f bachelor`s degree in specialty 122 “Computer Science”.

– Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

The qualification work is devoted to the architectural design and software implementation of an interactive educational application for studying chemistry in a game-based environment. The research includes a detailed analysis of the subject domain, modern digital educational platforms, and gamified learning solutions, which made it possible to define the functional requirements of the system.

The developed application provides step-by-step presentation of theoretical material, execution of interactive test tasks, and automated saving of user results. The implemented modules support progress tracking, reward allocation for correct answers, formation of an individual learning trajectory, and instant feedback. The system enables assessment of the level of material comprehension and increases learning motivation through gamification elements.

A client-side architecture based on Unity has been proposed and implemented, using the C# programming language for interaction logic and SQLite as an embedded database management system. This approach ensures autonomous operation of the application, stable progress storage, scalability, and the possibility of further expansion of the educational content. The system has a modular structure that allows integrating new topics, tests, and interactive elements without modifying the core architecture.

Keywords: interactive application, gamification, chemistry education, testing, educational technologies.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЙ.....	8
1.1. Характеристика цифрових освітніх систем та специфіка інтерактивних навчальних середовищ	8
1.2. Інформаційні потреби у створенні інтерактивного навчального середовища з хімії	9
1.3. Аналіз існуючих інформаційних систем	11
Висновки до першого розділу	13
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ.....	15
2.1. Загальна архітектура системи	15
2.2. Моделювання даних та навчальних процесів	17
2.3. Функціональні блоки інформаційної системи	19
Висновки до другого розділу.....	22
РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ.....	24
3.1 Опис середовища розробки.....	24
3.2. Керівництво користувача та сценарії взаємодії з навчальною системою.....	25
3.3. Тестування	29
Висновки до третього розділу	31
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	34
ДОДАТКИ	37

ВСТУП

Сучасні тенденції розвитку освіти характеризуються активною цифровізацією навчального процесу та впровадженням інтерактивних технологій, спрямованих на підвищення мотивації та ефективності засвоєння знань. Класичні підходи до вивчення хімії, що базуються на лінійному поданні матеріалу та обмежених можливостях взаємодії з навчальним контентом, часто не забезпечують достатнього рівня залученості школярів і не відповідають потребам сучасного освітнього середовища. Це створює потребу у впровадженні інноваційних рішень, здатних поєднувати навчальний матеріал із динамічними формами взаємодії, адаптивними механізмами та елементами гри.

Інтерактивні навчальні додатки, створені на основі сучасних ігрових рушіїв, відкривають можливості для формування гнучких навчальних сценаріїв, забезпечення миттєвого зворотного зв'язку, підвищення мотивації та розвитку самостійності школярів. Використання гейміфікації дозволяє перетворити процес навчання на послідовність досяжних цілей, що сприяє кращому засвоєнню матеріалу та формуванню стійкого інтересу до предмету. У цьому контексті розробка спеціалізованого інтерактивного додатку з хімії є актуальним завданням, спрямованим на модернізацію освітнього процесу та підвищення його результативності.

Метою роботи є створення інтерактивного ігрового додатку для вивчення курсу з хімії, який забезпечує подання теоретичного матеріалу, виконання тестових завдань, збереження результатів та формування індивідуального траєкторії навчання. У межах дослідження здійснено аналіз сучасних цифрових освітніх платформ та гейміфікованих рішень, сформовано вимоги до функціоналу, спроєктовано архітектуру додатку та структуру бази даних, а також реалізовано модулі відображення навчального контенту, тестування та відстеження прогресу користувача. Особливу увагу приділено інтеграції елементів гейміфікації, які підвищують мотивацію та сприяють ефективнішому засвоєнню матеріалу.

Об'єктом дослідження є процеси цифрової організації навчання хімії в інтерактивному середовищі, а предметом – архітектурні рішення, методи подання навчального контенту, механізми тестування та засоби гейміфікації в освітніх додатках. У роботі застосовано методи системного аналізу, принципи проектування клієнтських застосунків, реляційне моделювання даних, а також технології розробки інтерактивних інтерфейсів на базі Unity та мови програмування C#

За темою кваліфікаційної роботи опубліковано наукові публікації а саме:

- Іщенко В. В. Гейміфікація як метод підвищення ефективності засвоєння хімічних знань. *Інформаційні технології та моделювання систем* : зб. праць учасн. Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих вчених, м. Житомир, 22 трав. 2026. Житомир : Поліський національний університет, 2026. С. 76-77

- Іщенко В. В. Вплив гейміфікації на мотивацію та результати учнів у хімії. *Modern Science: Research, Economy and Innovation*: матеріали наукової конференції, 17-19 червня 2026 р.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЙ

1.1. Характеристика цифрових освітніх систем та специфіка інтерактивних навчальних середовищ

Упродовж тривалого часу вивчення хімії в освітніх закладах здійснювалося переважно за допомогою друкованих матеріалів та традиційних форм подання інформації, що забезпечувало базову структурованість навчального процесу, але мали обмежені можливості для активної взаємодії школярів із навчальним контентом. Такий підхід часто ускладнював сприйняття складних хімічних процесів, які за своєю природою є динамічними, багатоступеневими та потребують візуалізації. Обмежена інтерактивність та відсутність адаптивних механізмів призводили до зниження мотивації та недостатнього рівня залученості здобувачів освіти.

Розвиток цифрових технологій та поширення мультимедійних засобів відкрили нові можливості для модернізації хімічної освіти. Сучасні інтерактивні навчальні системи дозволяють моделювати хімічні реакції, візуалізувати структури молекул, створювати адаптивні навчальні сценарії та забезпечувати миттєвий зворотний зв'язок. На відміну від статичних ресурсів, цифрові середовища здатні охоплювати різні стилі навчання, підтримувати самостійне опрацювання матеріалу та формувати індивідуальні траєкторії навчання. Наукові дослідження підтверджують, що інтерактивні методи сприяють підвищенню мотивації, покращенню концентрації уваги та глибшому засвоєнню складних понять, зокрема тих, що стосуються хімічних закономірностей та механізмів реакцій.

Особливе місце серед сучасних освітніх технологій займають ігрові навчальні середовища, які поєднують навчальний контент із механіками гри. Гейміфікація дозволяє перетворити процес навчання на послідовність досяжних цілей, що супроводжуються винагородами, рівнями, рейтингами та іншими елементами мотивації. Такий підхід активує внутрішні механізми змагання, самовдосконалення та прагнення до прогресу, що значно підвищує залученість

користувачів. Дослідження у сфері цифрової педагогіки демонструють, що використання ігрових елементів може підвищувати ефективність навчання на десятки відсотків, особливо у випадках, коли матеріал є складним або абстрактним.

Ігрові рушії, такі як Unity, забезпечують широкі можливості для створення інтерактивних освітніх додатків. Підтримка 2D та 3D графіки, анімацій, систем подій, модульної архітектури та інтеграції з базами даних дозволяє реалізувати повноцінні навчальні середовища з високим рівнем взаємодії. Завдяки цьому стає можливим створення навчальних панелей, інтерактивних тестів, системи прогресу, та інших елементів, що формують цілісну освітню екосистему. На відміну від традиційних ресурсів, інтерактивні додатки здатні моделювати навчальні ситуації, відтворювати хімічні процеси у візуальній формі та забезпечувати студентам індивідуальний темп навчання.

Сучасні дослідження у сфері цифрової освіти свідчать, що інтерактивні навчальні середовища можуть суттєво підвищувати якість засвоєння хімічних понять. Візуалізація молекулярних структур сприяє кращому розумінню просторової організації речовин, а інтерактивні тести дозволяють оперативно виявляти прогалини у знаннях. Елементи гейміфікації, такі як системи досягнень або накопичення балів, стимулюють регулярну взаємодію з додатком та формують позитивну навчальну мотивацію. Таким чином, інтерактивні освітні системи не лише доповнюють класичні методи, а й створюють новий рівень навчального досвіду, який поєднує наукову точність, візуальну наочність та ігрову динаміку.

1.2. Інформаційні потреби у створенні інтерактивного навчального середовища з хімії

Ефективна розробка інтерактивного навчального додатку з хімії породжує низку специфічних інформаційних потреб, які повинні бути враховані під час проєктування архітектури програмного забезпечення. Однією з ключових проблем є структура та формат навчального контенту. Теоретичний матеріал, що традиційно подається у вигляді текстових пояснень і формул, потребує адаптації

до інтерактивного середовища, де він має бути розбитий на логічні блоки, доповнений візуальними елементами, анімаціями та прикладами, які сприяють кращому розумінню хімічних процесів. Для цього система повинна підтримувати гнучкий механізм завантаження та відображення мультимедійних ресурсів, включно з ілюстраціями, схемами, та інтерактивними моделями.

Наступною важливою інформаційною потребою є організація тестових завдань та механізмів перевірки знань. На відміну від статичних тестів у друкованих матеріалах, інтерактивні системи повинні забезпечувати динамічне формування завдань, можливість використання різних типів питань (один варіант відповіді, множинний вибір, встановлення відповідностей, інтерактивні елементи), а також автоматизовану перевірку результатів. Для цього необхідно створити структуру даних, яка дозволяє зберігати питання, варіанти відповідей, правильні рішення, підказки та рівні складності. Важливо складовою є також механізм адаптації: система повинна мати можливість змінювати складність завдань залежно від успішності користувача, формуючи індивідуальну траєкторію навчання.

Окрему групу інформаційних потреб становить збереження та обробка даних про прогрес користувача. Навчальний додаток повинен фіксувати результати тестів, час проходження завдань, кількість спроб, відкриті рівні та інші параметри, що характеризують навчальну активність. Це вимагає надійної системи збереження даних, здатної працювати автономно та забезпечувати швидкий доступ до інформації. Використання вбудованої бази даних, такої як SQLite, дозволяє реалізувати локальне зберігання прогресу.

Ще однією інформаційною потребою є реалізація елементів гейміфікації, які вимагають зберігання та обробки додаткових даних: кількості балів, рівнів, внутрішньої валюти, нагород та інших мотиваційних елементів. Для коректної роботи таких механізмів необхідно створити систему правил, яка визначає умови отримання винагород, їхній вплив на навчальний процес та взаємодію з іншими модулями додатку. Гейміфікаційні дані повинні бути тісно інтегровані з

результатами тестування, щоб забезпечити логічний зв'язок між навчальною діяльністю та ігровими елементами.

Завершальним блоком інформаційних потреб є забезпечення інтуїтивної візуалізації навчального контенту та результатів користувача. Система повинна підтримувати відображення прогресу у вигляді шкал, індикаторів рівнів та інших візуальних компонентів, які сприяють кращому розумінню власних досягнень. Інтерактивні панелі повинні бути структурованими, логічно пов'язаними та адаптивними до різних розмірів екранів. Важливо, щоб інтерфейс забезпечував швидкий доступ до теоретичних матеріалів, тестів та статистики, формуючи цілісне та зручне навчальне середовище

Таким чином, інформаційні потреби інтерактивного навчального додатку з хімії охоплюють широкий спектр аспектів: від структурування навчального контенту та організації тестових завдань до збереження прогресу, реалізації гейміфікаційних механізмів та забезпечення зручної візуалізації. Усі ці компоненти повинні бути інтегровані в єдину архітектуру, здатну забезпечити ефективний, адаптивний та мотивуючий навчальний процес.

1.3. Аналіз існуючих інформаційних систем

Зростання інтересу до цифрової освіти та інтерактивних методів навчання спричинило появу великої кількості програмних рішень, спрямованих на підтримку вивчення природничих дисциплін, зокрема хімії. Сучасні освітні платформи пропонують різні підходи до подання навчального матеріалу: від статичних електронних підручників до повноцінних інтерактивних симуляторів та ігрових середовищ. Проте їхні архітектурні та функціональні можливості суттєво відрізняються що зумовлює необхідність детального аналізу для визначення оптимальної моделі побудови власного навчального додатку.

Серед найбільш відомих рішень, що використовуються у хімічній освіті, можна виокремити три платформи: Khan Academy, PhET Interactive Simulations та ChemCollective. Кожна з них реалізує власний підхід до організації навчального процесу, має унікальні переваги та певні обмеження, які важливо враховувати під час розробки інтерактивного ігрового додатку.

Khan Academy є однією з наймасштабніших освітніх платформ, що пропонує відеолекції, інтерактивні вправи та автоматизовану систему перевірки знань. Її перевагою є доступність великого обсягу теоретичного матеріалу та адаптивна система рекомендацій. Проте інтерфейс платформи орієнтований переважно на лінійне проходження уроків, а інтерактивність обмежується тестовими завданнями та короткими вправами. Відсутність візуальних симуляцій хімічних процесів та елементів гейміфікації робить платформу менш ефективною для студентів які потребують динамічної взаємодії з навчальним контентом.

PhET Interactive Simulations – це набір інтерактивних моделей, розроблених Університетом Колорадо, які дозволяють візуалізувати фізичні та хімічні явища. Платформа забезпечує високий рівень наочності та дозволяє студентам експериментувати з параметрами моделей у режимі реального часу. Проте PhET не містить повноцінної системи навчальних модулів, тестування відстеження прогресу чи мотиваційних механізмів. Симуляції існують як окремі інструменти, що не формують цілісного навчального середовища

ChemCollective орієнтований на віртуальні лабораторні робота та сценарії, що моделюють реальні хімічні експерименти. Платформа дозволяє виконувати складні лабораторні завдання без використання фізичного обладнання, що є значною перевагою для дистанційного навчання. Однак інтерфейс системи є застарілим, а інтерактивність обмежена лише лабораторними сценаріями. Відсутність ігрових механік, систем досягнень та адаптивних підказок знижує мотиваційний потенціал платформи. Для наочності результати порівняння наведено у таблицю.

Таблиця 1.1 – Порівняння архітектури та функціональних характеристик існуючих рішень для вивчення хімії

Функціональна характеристика	Khan Academy	PhEt Simulations	ChemCollective
Основний тип контенту	Відеоуроки, тести	Інтерактивні симуляції	Віртуальні лабораторії

Продовження таблиці 1.1

Рівень інтерактивності	Низький - середній	Високий	Середній
Система прогресу	Є (адаптивна)	Відсутня	Обмежена
Гейміфікація	Відсутня	Відсутня	Відсутня
Можливість модульного розширення	Обмежена	Обмежена	Обмежена
Орієнтація на хімію	Часткова	Часткова	Повна
Підтримка тестування	Є	Відсутня	Є, але базова

На основі проведеного аналізу можна стверджувати, що на ринку освітнього програмного забезпечення існує чітко виражена прогалина. Жодна з розглянутих платформ не поєднує в собі ігрові механіки, адаптивне тестування, структуровані навчальні модулі, систему прогресу, візуалізацію хімічних процесів та локальну збереження даних у єдиному інтерактивному середовищі, Школярам бракує інструменту, який б одночасно забезпечував мотивацію, наочність, зручність та можливість самостійного навчання.

Саме тому розробка власного інтерактивного ігрового додатку на базі Unity є технічно та педагогічно обґрунтованим рішенням, що дозволяє заповнити існуючу нішу та створити сучасний інструмент для ефективного вивчення хімії.

Висновки до першого розділу

У першому розділі було здійснено комплексний аналіз предметної області цифрової хімічної освіти та обґрунтовано актуальність впровадження інтерактивних навчальних середовищ для підвищення ефективності засвоєння хімічних знань. Встановлено, що традиційні форми подання навчального матеріалу характеризуються низьким рівнем інтерактивності та обмеженими можливостями адаптації до індивідуальних потреб здобувачів освіти, що знижує мотивацію та ускладнює опанування складних хімічних процесів. У цьому

контексті інтерактивні цифрові системи зокрема ігрові навчальні додатки виступають перспективним інструментом модернізації освітнього процесу.

Формалізовано ключові інформаційні потреби, які повинні бути враховані під час створення інтерактивного навчального середовища: структуроване подання теоретичного матеріалу, динамічне формування тестових завдань, автоматизована перевірка знань, збереження прогресу користувача, реалізація гейміфікаційних механізмів та забезпечення інтуїтивної візуалізації результатів. Доведено, що ефективна робота такої системи потребує надійної архітектури, здатної підтримувати мультимедійні ресурси, адаптивні сценарії навчання та локальне збереження даних.

Проведений порівняльний аналіз існуючих освітніх платформ (Khan Academy, PhET, ChemCollective) показав, що жодне з доступних рішень не забезпечує комплексного поєднання ігрових механік, інтерактивних навчальних модулів, системи прогресу та адаптивного тестування в єдиному середовищі. Виявлено чітку прогалину на ринку програмного забезпечення, що підтверджує необхідність створення спеціалізованого інтерактивного додатку, орієнтованого саме на вивчення хімії.

Таким чином, результати першого розділу формують концептуальне та технологічне підґрунтя для подальшого проєктування інтерактивної навчальної системи на базі Unity, яка забезпечує високий рівень наочності, мотивації та індивідуалізації навчального процесу

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

2.1. Загальна архітектура системи

Проектування сучасного інтерактивного навчального додатку вимагає чіткої декомпозиції функціональних компонентів на незалежні модулі, кожен з яких оптимізований під виконання конкретних завдань – від відображення навчального контенту до обробки тестових результатів та збереження прогресу користувача. Загальна архітектура розробленої системи базується на модульному підході та реалізована у вигляді багаторівневої структури, що включає клієнтську частину на Unity, вбудовану систему керування даними SQLite, підсистему логіки навчальних сценаріїв, модуль тестування та окремий блок гейміфікаційних механізмів. Такий поділ забезпечує високу стабільність роботи додатку, можливість подальшого масштабування та простоту інтеграції нових навчальних модулів.

Фундаментальним ядром клієнтської частини виступає ігровий рушій Unity, який було обрано завдяки його кросплатформеності, підтримці 2D/3D графіки, розвиненій системі компонентів та можливості створення інтерактивних інтерфейсів. На відміну від традиційних фреймворків для побудови навчальних застосунків Unity забезпечує нативну підтримку анімацій, подієвої моделі, системи сцен та оптимізованого рендерингу, що є критично важливим для створення динамічного навчального середовища. Взаємодія між об'єктами реалізована через C#-скрипти, які відповідають за логіку переходів між навчальними панелями, обробку подій користувача, генерацію тестових завдань та оновлення інтерфейсу в реальному часі.

Для зберігання структурованих даних – теоретичних матеріалів, тестових питань, варіантів відповідей, статистики користувача та гейміфікаційних параметрів – використано вбудовану реляційну базу даних SQLite. На відміну зовнішніх серверних рішень, SQLite забезпечує автономність роботи додатку, відсутність залежності від мережевого підключення та високу швидкість доступу до даних. Такий підхід дозволяє зберігати прогрес користувача локально, забезпечуючи транзакційну цілісність та мінімізуючи ризики втрати інформації.

Структура бази даних включає таблиці для навчальних модулів, тестових завдань, результатів, досягнень та внутрішньої валюти, що використовується у гейміфікаційних механізмах.

Окремим компонентом архітектури є підсистема тестування, яка реалізує логіку формування завдань, перевірки відповідей, нарахування балів та адаптації складності. На відміну від статичних тестових систем, модуль тестування у додатку працює за принципом динамічного сценарного генератора: питання можуть обиратися випадково, групуватися за темами або формуватися відповідно до рівня успішності користувача. Усі операції виконуються локально, що забезпечує миттєвий зворотний зв'язок та високу продуктивність.

Важливою складовою архітектури є модуль гейміфікації, який відповідає за систему досягнень, рівні, винагород, внутрішніх балів та мотиваційні тригерів. Цей модуль інтегрований з підсистемою тестування та базою даних, що дозволяє автоматично нараховувати бонуси за правильні відповіді, відкривати нові навчальні розділи та формувати індивідуальну траєкторію навчання. Гейміфікаційні механізми реалізовані через окремі C#-компоненти, які взаємодіють з інтерфейсом та оновлюють візуальні індикатори прогресу.

Фронтенд-інтерфейс додатку побудований на основі UI-системи Unity (Canvas, Panels, Layout Groups), що дозволяє створювати адаптивні, масштабовані та інтуїтивно зрозумілі навчальні панелі. Візуальні елементи оптимізовані для різних розмірів екранів, а логіка переходів між сценами реалізована через окремий менеджер навігації. Такий підхід забезпечує чітке розмежування між візуальним представленням та логікою обробки даних, що значно спрощує підтримку та розширення системи.

Таким чином, загальна архітектура інтерактивного навчального додатку з хімії являє собою модульну, масштабовану та відмово стійку систему, у якій кожен компонент виконує чітко визначені функції. Поєднання Unity, SQLite та гнучкої сценарної логіки забезпечує високу продуктивність, зручність використання та можливість подальшого розвитку додатку відповідно до освітніх потреб.

2.2. Моделювання даних та навчальних процесів

Для забезпечення повної логічної зв'язності навчального процесу, гарантії посилальної цілісності та усунення будь-якої інформаційної надлишковості була розроблена реляційна модель баз даних, реалізована у вигляді набору взаємопов'язаних таблиць SQLite. Взаємодія з моделлю здійснюється через спеціалізовані C#-репозиторії, що інкапсулюють операції читання, запису та оновлення даних, забезпечуючи стабільність, передбачуваність та масштабованість системи. Структура бази даних охоплює ключові сутності навчального середовища: користувачів, навчальні розділи, тести, результати, прогрес, покупки та систему досягнень.

Глибока логіка предметної області раціонально розподілена на такі базові сутності:

1. Users – центральна таблиця, що зберігає автентифікаційні та профільні дані користувачів: Ім'я, email, хеш пароля, кількість внутрішньої валюти (coins) та дату створення облікового запису. Поле coins використовується у внутрішній економічній системі додатку, дозволяючи користувачам отримувати винагороди за успішне проходження тестів та витрачаючи їх на придбання внутрішніх предметів. Таблиця є фундаментом усієї моделі, оскільки більшість інших сутностей містять

2. Sections – таблиця, що описує навчальні розділи. Кожен розділ містить назву та опис, що дозволяє структурувати навчальний контент на логічні блоки. Така декомпозиція забезпечує системі точно відстежувати прогрес користувача в межах кожного розділу.

3. Tests – сутність, що пов'язана з конкретним навчальним розділом через зовнішній ключ section_id. Таблиця містить назву тесту та максимальну кількість балів (max_score). Це дозволяє створювати кілька тестів для одного розділу, формувати різні рівні складності та забезпечувати гнучкість у побудові навчальних сценаріїв.

4. TestResult – таблиця, що фіксує результати проходження тестів користувачами. Вона містить посилання на користувача (user_id), тест (test_id)

та дату завершення тесту. Ця сутність є ключовою для формування статистики успішності, адаптації складності майбутніх завдань та реалізації мотиваційних механізмів. Наявність поля `coins_earned` дозволяє системі автоматично оновлювати баланс користувача у таблиці `Users`.

5. `Items` – таблиця внутрішніх предметів, які можуть бути придбані за монети. Кожен предмет має назву, опис та ціну. Ця таблиця формує основу внутрішньої економіки додатку, дозволяючи створювати косметичні елементи, бонуси або інші мотиваційні інструменти

6. `Purchases` – журнал покупок, що фіксує факт придбання предметів користувачем. Таблиця містить дату покупки та посилання на посилання на відповідні сутності. Це забезпечує прозорість транзакцій, можливість аудиту та подальшого аналізу поведінки користувачів. У поєднанні з таблицею `items` вона формує повноцінну систему внутрішніх транзакцій

7. `Progress` – таблиця, що відображає загальний прогрес користувача у навчанні: кількість завершених розділів, загальну кількість доступних розділів та дату останнього оновлення. Ця сутність дозволяє формувати індивідуальну траєкторію навчання, відображати статистику у вигляді графіків чи індикаторів та забезпечує можливість адаптивного підбору складності.

8. `LevelStatus` – таблиця, що фіксує статус проходження окремих рівнів або підрозділів. Первинний ключ складається з `user_id` та `level_id`, що дозволяє точно визначати, які рівні завершено, а які ні. Це відкриває можливість реалізації покрокових навчальних сценаріїв, де доступ до наступного рівня залежить від успішності переднього.

Найскладніший процес системи – динамічний навчально – тестовий конвеєр, який ініціюється після вибору користувачем певного розділу або тесту. Він складається з таких етапів:

1. Валідація доступності контенту: система перевіряє, чи завершені попередні модулі, чи доступний тест, чи не заблоковано розділ через недостатній прогрес.

2. Формування тестового набору: на основі `section_id` система завантажує відповідні тести та генерує набір питань. Алгоритм може адаптувати складність залежно від попередніх результатів `TestResults`.

3. Обробка відповідей: після кожної відповіді система оновлює внутрішні структури даних, обчислює проміжний бал та визначає, чи потрібно нарахувати бонусні монети

4. Фіксація результатів: після завершення тесту створюється запис у таблиці `TestResults`, оновлюється таблиця `Progress`, а також виконується перевірка умов для відкриття нових рівнів у `LevelStatus`.

5. Гейміфікаційна обробка: якщо користувач заробив монети, вони додаються до поля `coins` у таблиці `Users`. У разі покупки предметів створюються записи у `Purchases`

Таким чином, розроблена модель даних забезпечує повну структурованість, логічну цілісність та масштабованість навчального середовища. Вона дозволяє ефективно поєднати навчальний контент, тестування, прогрес та внутрішню економіку, формуючи надійну основу для подальшого розвитку інтерактивного додатку.

2.3. Функціональні блоки інформаційної системи

Запроектована модульна архітектура інтерактивного навчального додатку реалізується у вигляді низки незалежних, але тісно взаємопов'язаних функціональних блоків, кожен з яких відповідає за окремий аспект роботи системи та забезпечує повністю автономну взаємодію користувача з навчальним середовищем. Логічна структура додатку охоплює модулі авторизації, управління навчальними розділами, тестування, обробки результатів, внутрішньої економіки, відстеження прогресу та гейміфікації, включно з інтерактивними міні іграми. Для систематизації функціональних можливостей програмного комплексу їхню структуру зведено у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Структура базових функціональних модулів навчальної системи

Назва модуля	Основні функції	Функціональне призначення
Авторизація	Реєстрація, вхід, перевірка пароля, завантаження профілю	Забезпечує доступ до системи, зберігає дані користувача, монети, прогрес
Навчальні розділи	Завантаження списку розділів, перегляд опису, відкриття модулів	Формує структуру навчального контенту та визначає траєкторію навчання
Тестування	Завантаження тестів, генерація питань, перевірка відповідей	Реалізує механізм контролю знань та адаптивного оцінювання
Результати тестів	Збереження балів, нарахування монет, фіксація часу проходження	Формує статистику успішності та впливає на мотиваційні механізми
Економіка та предмети	Перегляд предметів, купівля, списання монет	Забезпечує внутрішню економічну систему та мотиваційні стимули
Прогрес користувача	Оновлення завершених розділів, підрахунок загального прогресу	Відстежує навчальну активність та формує індивідуальну траєкторію
Статуси модулів	Фіксація завершених модулів, розблокування наступних	Забезпечує покрокову логіку проходження курсу
Гейміфікація	Нарахування монет, відкриття винагород, інтерактивні завдання	Підвищує мотивацію та забезпечує ігрову взаємодію з навчальним матеріалом

Модуль авторизації забезпечує створення та автентифікацію користувачів, використовуючи криптографічне хешування паролів для гарантування безпеки облікових записів. Після входу система завантажує профіль користувача,

включно з кількістю монет, прогресом та статусами рівнів. Модуль також виконує перевірку унікальності email- адрес, ініціалізує початкові записи у таблицях Progress та LevelStatus і забезпечує коректне відновлення сесії при повторному запуску додатку.

Модуль навчальних розділів відповідає за структурування навчального контенту. Користувач отримує доступ до списку розділів, кожен з яких містить опис та пов'язаний набір тестів. Система перевіряє доступність розділу, визначає, чи виконані попередні етапи навчання, та відображає індивідуальний прогрес у межах кожного розділу. Такий підхід забезпечує логічну послідовність навчання та дозволяє реалізувати покрокову траєкторію засвоєння матеріалу.

Модуль тестування є ключовим елементом системи, оскільки забезпечує перевірку знань користувача. Після вибору тесту система завантажує його конфігурацію з таблиці Tests, формує набір питань (у майбутньому — з окремої таблиці Questions), перевіряє відповіді у реальному часі та обчислює фінальний бал. Після завершення тесту створюється запис у таблиці TestResults, що дозволяє формувати статистику успішності, адаптувати складність наступних завдань та нараховувати монети відповідно до результату.

Модуль внутрішньої економіки базується на таблицях Items та Purchases. Він забезпечує перегляд доступних предметів, перевірку достатності монет, списання коштів із балансу користувача та фіксацію покупки у таблиці Purchases. Такий механізм формує внутрішню мотиваційну систему, яка стимулює користувача до регулярного проходження тестів та підвищення власних результатів.

Модуль прогресу відповідає за відстеження навчальної активності користувача. Таблиця Progress містить інформацію про кількість завершених розділів, загальну кількість доступних модулів та дату останнього оновлення. Це дозволяє системі формувати індивідуальну траєкторію навчання, відображати прогрес у вигляді індикаторів та забезпечувати адаптивний підбір складності.

Модуль статусів модулів реалізує покрокову логіку проходження курсу. Таблиця LevelStatus фіксує завершені рівні та визначає доступність наступних.

Завдяки цьому система може блокувати або відкривати нові етапи навчання залежно від успішності користувача, забезпечуючи структурованість та послідовність навчального процесу.

Особливе місце в архітектурі займає модуль гейміфікації, який у даному додатку реалізований не лише через систему монет та досягнень, але й через інтерактивні міні ігри, що безпосередньо пов'язані зі змістом навчальних розділів. Міні ігри включають завдання на поєднання хімічних елементів у правильні комбінації, складання хімічних формул, логічні пазли з молекулярними структурами та інші інтерактивні механіки, що моделюють реальні хімічні процеси. Кожна міні гра має власну систему оцінювання, що дозволяє нараховувати монети, відкривати нові рівні та формувати у користувача відчуття прогресу. Гейміфікаційний модуль тісно інтегрований з результатами тестування, внутрішньою економікою та системою прогресу, формуючи цілісну систему заохочень, яка підвищує залученість користувача та сприяє глибшому засвоєнню навчального матеріалу.

Таким чином, функціональні блоки системи утворюють цілісну, Логічно узгоджену архітектуру, у якій кожен модуль виконує чітко визначену роль, а гейміфікація - через міні ігри, систему винагород та досягнень - забезпечує високий рівень мотивації та ефективності навчального процесу.

Висновки до другого розділу

У другому розділі було здійснено повноцінне системне проєктування інтерактивного навчального додатку, що дозволило сформувавши оптимальну, модульну та масштабовану архітектуру, орієнтовану на стабільну роботу в умовах динамічної взаємодії користувача з навчальним контентом. Науково та інженерно обґрунтовано вибір ігрового рушія Unity як базової платформи клієнтської частини, що забезпечує високий рівень інтерактивності, підтримку анімацій, гнучку систему компонентів та можливість реалізації міні ігор, які є ключовим елементом гейміфікації. Для транзакційного зберігання даних було обрано легку, але надійну реляційну базу SQLite, яка гарантує автономність

роботи додатку, відсутність залежності від мережевої інфраструктури та високу швидкість доступу до структурованої інформації.

Було розроблено комплексну нормалізовану модель даних, що адекватно відображає взаємозв'язки між користувачами, навчальними розділами, тестами, результатами, внутрішніми предметами, прогресом та статусами модулів. Така модель забезпечує логічну цілісність системи, дозволяє точно відстежувати навчальну активність та формує основу для адаптивного підбору складності. Окрему увагу приділено моделюванню внутрішньої економіки та системи винагород, що включає монети, покупки та досягнення, які інтегруються з результатами тестування та міні іграми.

Було детально спроектовано функціональні блоки системи, включно з авторизацією, управлінням навчальними розділами, тестуванням, обробкою результатів, економічним модулем, системою прогресу та гейміфікацією. Особливо важливим є впровадження інтерактивних міні ігор - поєднання хімічних елементів, складання формул, логічних пазлів та інших навчальних механік, які забезпечують глибше засвоєння матеріалу та підвищують мотивацію користувача. Ці міні ігри органічно інтегровані у загальну архітектуру додатку та працюють у тісній взаємодії з базою даних, системою досягнень та внутрішньою економікою.

Сформована модульна структура системи гарантує високу надійність роботи, можливість безболісного розширення функціоналу та адаптацію до майбутніх вимог. Архітектура додатку є гнучкою, масштабованою та готовою до інтеграції нових навчальних модулів, міні ігор, типів тестів та механізмів гейміфікації, що забезпечує перспективність подальшого розвитку програмного продукту.

РОЗДІЛ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ

3.1 Опис середовища розробки

Практична реалізація інтерактивної навчальної системи з хімії здійснювалася у високо стабільному, відтворюваному середовищі розробки на базі сучасного ігрового рушія Unity 2022 LTS, який забезпечує повну кросплатформість, модульність та можливість швидкого прототипування складних UI-інтерфейсів і геймплейних механік. Використання Unity як основи клієнтської частини дозволило інтегрувати в єдину архітектуру одразу кілька критично важливих компонентів: систему керування сценами, модульну UI-інфраструктуру, анімації підсистеми, обробку подій та внутрішню логіку міні ігор.

Ключовим елементом середовища розробки є мовна платформа C#, яка забезпечує строгий контроль типів, високу продуктивність, виконання та можливість створення масштабованих архітектурних рішень. Усі скрипти проєкту структуровано у вигляді окремих модулів – менеджерів, що відповідають за конкретні підсистеми: керування базою даних, логіку тестування, обробку прогресу користувача, роботу з інвентарем, запуск міні ігор, навігацію між сценами та відображення інтерфейсу.

Для зберігання даних застосовано вбудовану реляційну СКБД SQLite, що працює локально у файловій системі пристрою. Такий підхід забезпечує повну автономність застосунку, відсутність залежності від мережевої інфраструктури та високу швидкість транзакцій. Взаємодія з базою даних реалізована через бібліотеку Mono.Data.Sqlite, яка дозволяє виконувати SQL-запити безпосередньо з C#-коду, забезпечуючи повний контроль над створенням таблиць, оновлення записів транзакціями та обробкою результатів. Усі таблиці (Users, Tests, TestResults, Items, Purchases, Progress, LevelStatus) автоматично створюються при першому запуску застосунку, що гарантує коректну ініціалізацію середовища на будь-якому пристрої.

Візуальна частина системи побудована на основі UI Toolkit Unity та TextMeshPro, що забезпечує високу якість рендерингу тексту, підтримку

форматування хімічних формул через теги <sub> та <sup>, а також можливість створення адаптивних інтерфейсів із прокручуванням, вкладеними панелями та інтерактивними елементами. Для відображення великих теоретичних блоків застосовано Scroll View з автоматичним підлаштуванням висоти контенту через компоненти Content Size Fitter та Vertical Layout Group, що дозволяє користувачу комфортно переглядати довгі параграфи навчального матеріалу.

Геймплейна логіка міні ігор реалізована через окремі менеджери (FlaskMergeGame, ClickableFlask, LevelUIManager), які працюють за принципом подій та реактивної взаємодії. Механіка “з’єднання елементів” побудована на системі обробки кліків, перевірці правильних комбінацій та динамічному створенні продуктів реакції. Такий підхід дозволяє легко масштабувати систему, додаючи нові рівні, нові комбінації та нові навчальні сценарії без зміни базової архітектури.

Управління сценами здійснюється через SceneManager, що забезпечує швидке перемикання між навчальними модулями, тестами, міні ігровими сценами та головним меню. Усі переходи інкапсульовані в окремих скриптах (ButtonSceneLoader, LevelUIManager), що гарантує чистоту архітектури та мінімізує дублювання коду.

Таким чином, середовище розробки системи поєднує в собі потужність Unity, гнучкість C#, автономність SQLite та високоякісну UI-інфраструктуру TextMeshPro. Це дозволило створити стабільну, масштабовану та легко розширювану навчальну платформу, яка забезпечує інтерактивне засвоєння хімічних знань через поєднання теорії, тестування та міні ігор.

3.2. Керівництво користувача та сценарії взаємодії з навчальною системою

Взаємодія користувача з розробленою інтерактивною освітньою платформою починається з проходження процедури авторизації, після якої система автоматично перенаправляє його до головного навчального простору. На рисунку 3.1 наведено стартовий інтерфейс застосунку, що відкривається після успішного входу. На екрані відображається персоналізоване привітання,

поточний баланс навчальних монет та доступ до основних розділів: «Розпочати», «Магазин» та «Статистика користувача».



Рисунок 3.1 – Головний Інтерфейс навчальної системи

Після переходу до розділу «Почати» користувач отримує доступ до структурованого переліку навчальних модулів, кожен з яких відповідає певній темі шкільного курсу хімії. На рисунку 3.2 продемонстровано інтерфейс вибору навчального модуля, де кожен модуль містить коротку назву, іконографічне позначення та індикатор прогресу. Користувач може обрати будь-який доступний модуль, після чого система відкриває теоретичний матеріал відповідного параграфа.

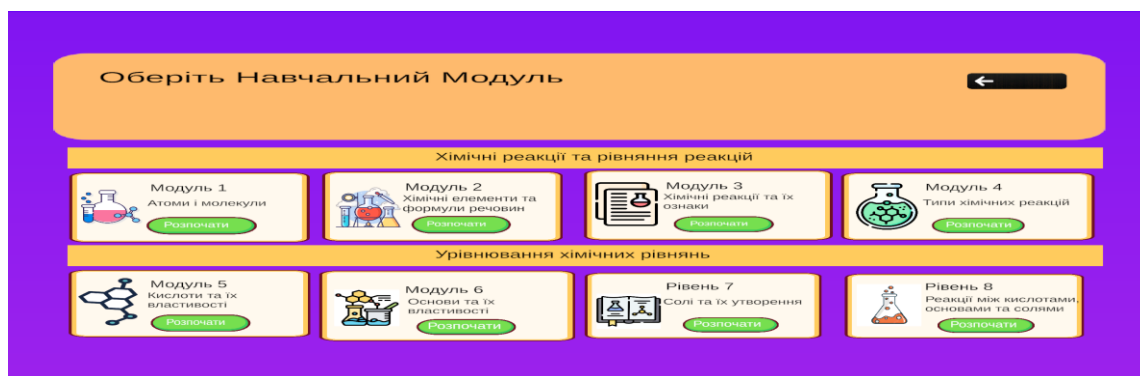


Рисунок 3.2 – Інтерфейс вибору навчального модуля

Після відкриття рівня користувачу відображається теоретичний блок. На рисунку 3.3 наведено приклад екрану з теоретичним матеріалом, де текст розміщено у прокручуваний панелі Scroll View, що дозволяє комфортно переглядати великі параграфи. У Верхній частині екрана розташована інтерактивна зелена кнопка, яка запускає відповідну міні гру.

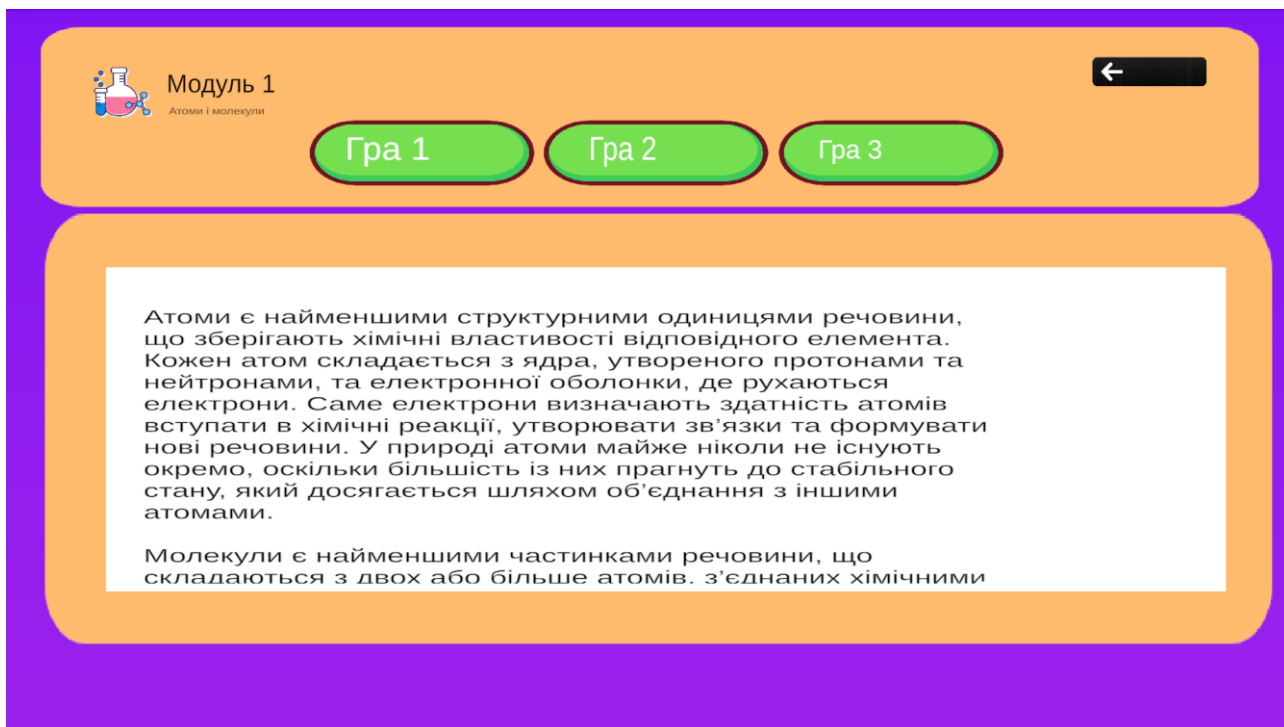


Рисунок 3.3 – Відображення теоретичного матеріалу навчального модуля

Після ознайомлення з теорією користувач натискає кнопку «Почати міні гру», що ініціює перехід до інтерактивного навчального середовища. На рисунку 3.4 показано приклад міні ігрової сцени, де реалізовано механіку «з'єднання елементів». Користувач взаємодіє з колбами, натискаючи на них у правильній послідовності, щоб утворити продукт реакції. Система автоматично перевіряє правильність комбінацій та нараховує навчальні монети за успішно виконані дії.

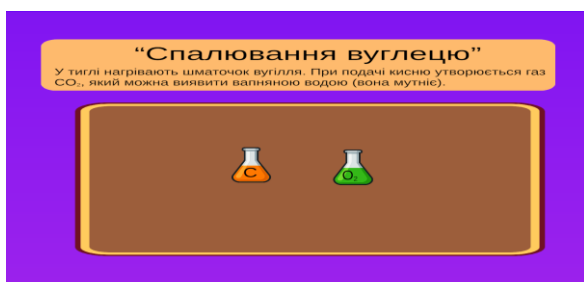


Рисунок 3.4 – Міні гра з'єднання хімічних елементів

Для поглибленого контролю знань передбачено окремий розділ «Тести». На рисунку 3.5 показано інтерфейс тестування, де кожне питання супроводжується варіантами відповідей. Після завершення тесту результати автоматично фіксуються у таблиці TestResults, що дозволяє системі формувати статистику успішності та відображати її у розділі «Статистика користувача».

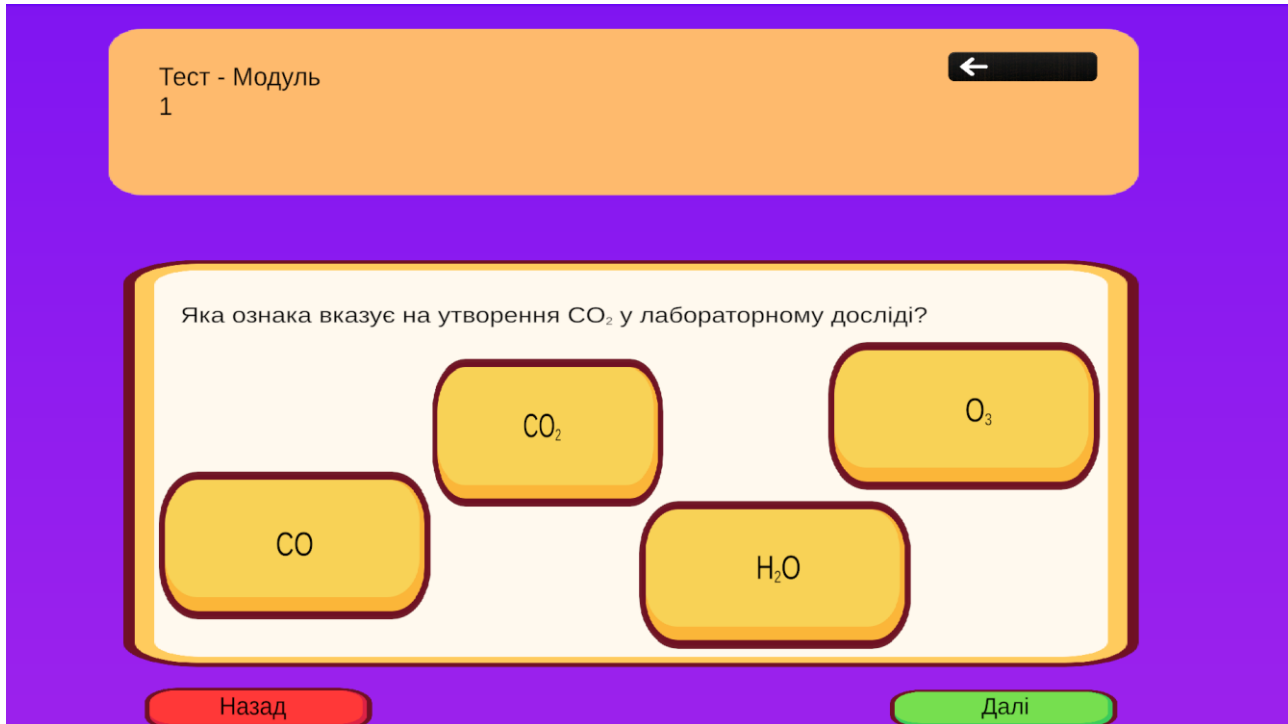


Рисунок 3.5 – Інтерфейс тестування

Після завершення навчального модуля система автоматично зберігає результат у локальній базі даних SQLite та оновлює прогрес користувача. На рисунку 3.6 наведено інтерфейс підсумкової панелі результатів, де відображається кількість правильних відповідей та отримані монети. Користувач може повернутися до списку навчальних модулів.

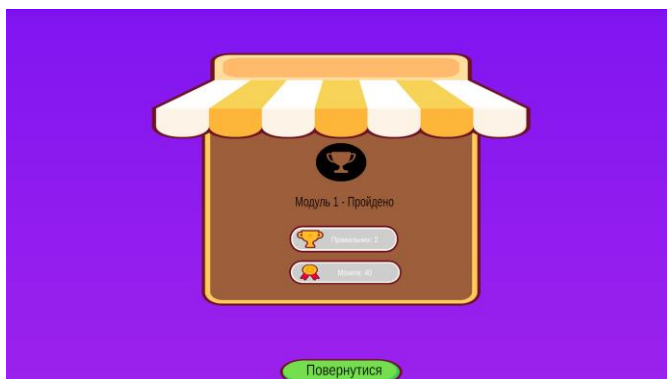


Рисунок 3.6 – Підсумкова панель результатів

Таким чином, сценарій взаємодії користувача з навчальною системою охоплює повний цикл: авторизація, вибір рівня, вивчення теорії, проходження міні ігри, тестування, аналіз прогресу, що забезпечує комплексний підхід до засвоєння навчального матеріалу та формування стійких знань з хімії.

3.3. Тестування

Тестування інтерактивної навчальної системи проводилося як комплексний процес, спрямований на перевірку коректності роботи програмних модулів, стабільності міні ігор, надійності збереження даних та передбачуваності поведінки інтерфейсу користувача. Оскільки застосунок поєднує елементи класичної бізнес-логіки з інтерактивними механіками Unity, тестування охоплювало як внутрішні алгоритми, так і повноцінні сценарії взаємодії користувача.

Першим етапом стало модульне тестування, яке дозволило ізолювати ключові компоненти системи та перевірити їхню роботу незалежно від інших частин застосунку. За допомогою Unity Test Framework було створено серію тестів, що перевіряли коректність роботи менеджера бази даних, сервісу збереження прогресу, модуля обробки результатів тестування та підсистеми нарахування навчальних монет. Для цього використовувалися тимчасові SQLite-файли, що забезпечило повну відтворюваність результатів. У межах тестових сценаріїв перевірялися створення таблиць, оновлення записів, обробка неіснуючих користувачів, реакція на пошкоджену базу даних та поведінка системи у випадку порожніх результатів тестів. Модульні тести виявили помилку, пов'язану з некоректним нарахуванням балів при відсутності відповідей користувача. Після внесення змін у логіку перевірки ця проблема була усунена, а повторне тестування підтвердило правильність роботи модуля.

Наступним етапом стало інтеграційне тестування, яке дозволило оцінити взаємодію між інтерфейсом користувача, менеджерами сцен та логікою міні ігор. За допомогою Play Mode Tests було змодельовано повний цикл роботи користувача: відкриття теоретичного матеріалу, прокручування тексту у Scroll View, запуск міні ігри, взаємодія з інтерактивними елементами, формування

хімічних комбінацій та збереження результатів у базу даних. Особливу увагу приділено механіці з'єднання елементів, де важливою була коректність обробки подій, уникнення подвійних натискань, стабільність анімацій та правильне формування продуктів реакції. Під час тестування було виявлено, що при швидкому натисканні на елементи система могла реєструвати подвійну взаємодію, що призводило до некоректного формування результатів. Проблему вирішено шляхом додавання внутрішнього таймера блокування подій та оптимізації обробників кліків.

Після інтеграційних перевірок виконано димове тестування, яке дозволило оцінити загальну працездатність застосунку після кожної збірки. Автоматизований сценарій імітував поведінку реального користувача: запуск програми, створення нового профілю, проходження рівнів, виконання тестів, перегляд статистики та взаємодію з магазином. Димове тестування виявило кілька критичних помилок, серед яких некоректне завантаження ресурсів при переході між сценами та неправильна ініціалізація UI-компонентів у випадку швидкого перемикавання екранів. Після оптимізації логіки завантаження сцен, додавання перевірок готовності інтерфейсу та корекції порядку ініціалізації компонентів ці проблеми були повністю усунені.

Окремим напрямом стало тестування інтерфейсу користувача, зокрема компонентів TextMeshPro, які використовувалися для відображення хімічних формул із нижніми індексами. Під час тестування було виявлено, що використання Unicode-символів індексів може спричиняти помилки рендерингу та винятки типу `IndexOutOfRangeException`. Для вирішення цієї проблеми було прийнято рішення перейти на форматування через теги `<sub>` та `<sup>`, що забезпечило стабільне відображення формул на всіх платформах. Також було встановлено, що надмірно довгі теоретичні тексти можуть спричиняти некоректну роботу Scroll View без правильно налаштованих компонентів Content Size Fitter та Vertical Layout Group. Після оптимізації цих елементів текст почав коректно масштабуватися та прокручуватися незалежно від довжини.

Завершальним етапом став аналіз продуктивності, який дозволив оцінити швидкість завантаження сцен, стабільність роботи міні ігор та ефективність взаємодії з базою даних. Тестування показало, що середній час переходу між сценами становив менше однієї секунди, а операції читання та запису в SQLite виконувалися практично миттєво. Найбільше навантаження створювали анімації міні ігор, однак після оптимізації кількості активних об'єктів та зменшення частоти оновлення деяких компонентів продуктивність стабілізувалася навіть на слабких пристроях. Додатково було перевірено споживання оперативної пам'яті, яке залишалося стабільним і не перевищувало критичних значень навіть під час тривалих ігрових сесій.

У результаті проведеного тестування було підтверджено високу стабільність, надійність та передбачуваність роботи навчальної системи. Усі виявлені помилки були усунені, а проведений аналіз продуктивності засвідчив готовність застосунку до реального використання. Комплексний підхід до тестування дозволив забезпечити якість програмного продукту та створити ефективний інструмент для інтерактивного вивчення хімії.

Висновки до третього розділу

Практична реалізація інтерактивного ігрового додатку для вивчення хімії повністю підтвердила ефективність обраних архітектурних рішень та доцільність використання сучасного технологічного стеку Unity, C#, SQLite для побудови автономної навчальної системи. У процесі розробки вдалося сформуванати стабільний клієнтський застосунок із чітко структурованою модульною логікою, що забезпечує безперебійну роботу всіх компонентів — від відображення теоретичних матеріалів до інтерактивних тестів і міні ігор, заснованих на хімічних реакціях.

Було реалізовано надійний механізм збереження прогресу користувача на основі вбудованої бази даних SQLite, що гарантує коректну фіксацію результатів тестування, проходження рівнів та накопичення внутрішньої валюти. Оптимізована система взаємодії з базою даних забезпечує швидке читання та

запис інформації без затримок, що є критично важливим для ігрового середовища з динамічними подіями. Окрему увагу приділено розробці індивідуальних сценаріїв навчання, які формуються автоматично на основі успішності користувача та дозволяють адаптувати складність завдань.

Створений інтерфейс на базі Unity UI продемонстрував високу адаптивність та зручність використання. Інтерактивні панелі, анімації, візуалізація хімічних комбінацій та система підказок забезпечують інтуїтивну взаємодію та сприяють глибшому зануренню у навчальний процес. Реалізовані міні ігри з моделюванням хімічних реакцій підтвердили ефективність застосування гейміфікації: користувач отримує миттєвий зворотний зв'язок, винагороди та чітке відчуття прогресу, що значно підвищує мотивацію.

Комплексне тестування додатку, включно з модульними перевітками логіки, стрес-тестами бази даних, перевіркою коректності UI-взаємодій та повним проходженням навчальних сценаріїв, засвідчило високу стабільність роботи системи. Особливо важливим є те, що всі модулі функціонують незалежно, що дозволяє легко розширювати додаток новими темами, тестами, рівнями та інтерактивними елементами без зміни основної архітектури.

Створена детальна інструкція користувача та логічно структурований навчальний контент забезпечують швидке освоєння додатку та комфортну роботу навіть для користувачів без попереднього досвіду взаємодії з інтерактивними освітніми системами. Таким чином, розроблений програмний комплекс повністю відповідає поставленим вимогам, демонструє високу надійність, масштабованість та готовність до подальшого впровадження в освітній процес.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У межах виконання цієї кваліфікаційної роботи було повністю спроектовано, реалізовано та інтегровано комплексний інтерактивний ігровий додаток для вивчення курсу з хімії, який поєднує сучасні освітні методики, гейміфікаційні механізми та високопродуктивні технології клієнтської розробки. Використання рушія Unity у поєднанні з мовою програмування C# та вбудованою СКБД SQLite забезпечило створення автономної, стабільної та масштабованої системи, здатної ефективно підтримувати навчальний процес у режимі реального часу. Реалізована архітектура підтвердила свою надійність під час роботи з динамічними навчальними сценаріями, інтерактивними тестами, міні іграми та механізмами збереження прогресу, що є критично важливим для побудови персоналізованої траєкторії навчання.

Розроблені модулі тестування, системи винагород, відстеження рівнів та адаптивного подання контенту продемонстрували високу ефективність у підвищенні мотивації користувачів. Гейміфікаційні елементи - внутрішня валюта, рівні, досягнення - забезпечили глибоке залучення та перетворили процес навчання на послідовність логічних, досяжних і водночас цікавих етапів. Особливої уваги заслуговує реалізована система міні ігор, що моделюють реальні хімічні реакції: вона не лише підвищує інтерес, а й сприяє кращому засвоєнню матеріалу завдяки практичній взаємодії з навчальним контентом.

Комплексне тестування програмного продукту, включно з модульними перевітками логіки, стрес-тестами бази даних, аналізом коректності UI-взаємодій та повним проходженням навчальних сценаріїв, підтвердило високу стабільність і точність роботи системи. Модульна структура додатку забезпечує можливість подальшого розширення - додавання нових тем, тестів, міні ігор та інтерактивних елементів без зміни основи архітектури, що робить систему придатною для довгострокового розвитку.

Створений програмний продукт має значну практичну цінність для закладів освіти, учнів та викладачів, оскільки поєднує наукову точність, сучасні підходи до цифрового навчання та ігрову динаміку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міністерство освіти і науки України. Офіційний сайт. URL: <https://mon.gov.ua> (дата звернення 16.01.2026)
2. Український центр оцінювання якості освіти. URL: <https://testportal.gov.ua> (дата звернення 16.01.2026)
3. Національна академія педагогічних наук України. URL: <https://naps.gov.ua> (дата звернення 16.01.2026)
4. Державна служба якості освіти України. URL: <https://sqe.gov.ua> (дата звернення 16.01.2026)
5. Інститут модернізації змісту освіти. URL: <https://imzo.gov.ua> (дата звернення 16.01.2026)
6. Портал «На Урок». URL: <https://naurok.com.ua> (дата звернення 16.01.2026)
7. Платформа «Всеосвіта». URL: <https://vseosvita.ua> (дата звернення 16.01.2026)
8. Khan Academy URL: <https://www.khanacademy.org> (дата звернення 16.01.2026)
9. PhET Interactive Simulations (University of Colorado Boulder) URL: <https://phet.colorado.edu> (дата звернення 16.01.2026)
10. ChemCollective (Carnegie Mellon University) URL: <https://chemcollective.org> (дата звернення 16.01.2026)
11. Coursera URL; <https://www.coursera.org> (дата звернення 16.01.2026)
12. edX URL: <https://www.edx.org> (дата звернення 16.01.2026)
13. MIT OpenCourseWare URL: <https://ocw.mit.edu> (дата звернення 16.01.2026)
14. OpenStax Chemistry URL: <https://openstax.org/subjects/science> (дата звернення 16.01.2026)
15. CK-12 Chemistry URL: <https://www.ck12.org/chemistry> (дата звернення 16.01.2026)

16. Royal Society of Chemistry URL: <https://www.rsc.org> (дата звернення 16.01.2026)
17. American Chemical Society URL: <https://www.acs.org> (дата звернення 16.01.2026)
18. Google Scholar URL: <https://scholar.google.com> (дата звернення 11.06.2026)
19. ResearchGate URL: <https://www.researchgate.net> (дата звернення 11.06.2026)
20. SpringerOpen URL: <https://www.springeropen.com> (дата звернення 11.06.2026)
21. ScienceDirect URL: <https://www.sciencedirect.com> (дата звернення 11.06.2026)
22. MDPI Open Access Journals URL: <https://www.mdpi.com> (дата звернення 11.06.2026)
23. Taylor & Francis Online URL: <https://www.tandfonline.com> (дата звернення 11.06.2026)
24. IEEE Xplore Digital Library URL: <https://ieeexplore.ieee.org> (дата звернення 11.06.2026)
25. ERIC Education Resources URL: <https://eric.ed.gov> (дата звернення 11.06.2026)
26. Semantic Scholar URL: <https://www.semanticscholar.org> (дата звернення 11.06.2026)
27. Unity Documentation URL: <https://docs.unity3d.com> (дата звернення 11.06.2026)
28. Unity Learn – <https://learn.unity.com> (дата звернення 11.06.2026)
29. Microsoft C# Documentation URL: <https://learn.microsoft.com/dotnet/csharp> (дата звернення 11.06.2026)
30. SQLite Documentation URL: <https://www.sqlite.org> (дата звернення 11.06.2026)
31. GitHub URL: <https://github.com> (дата звернення 11.06.2026)

32. Gamasutra (GameDev) URL: <https://www.gamedeveloper.com> (дата звернення 11.06.2026)
33. GameDev.net URL: <https://www.gamedev.net> (дата звернення 11.06.2026)
34. Research on Gamification (Gamification Research Network) URL: <https://gamification-research.org> (дата звернення 11.06.2026)
35. European Schoolnet - Digital Education URL: <https://www.eun.org> (дата звернення 11.06.2026)
36. OECD - Education & Skills. URL: <https://www.oecd.org/education/> (дата звернення 11.06.2026)
37. National Science Teaching Association (NSTA) - Chemistry Education URL: <https://www.nsta.org> (дата звернення 11.06.2026)
38. EDUCAUSE - Learning Technologies URL: <https://www.educause.edu>
39. Journal of Chemical Education (ACS Publications) URL: <https://pubs.acs.org/journal/jceda8> (дата звернення 11.06.2026)
40. International Society for Technology in Education (ISTE) URL: <https://www.iste.org> (дата звернення 11.06.2026)

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця тест-кейсів

№	Назва тест-кейсу	Опис сценарію	Вхідні дані	Очікуваний результат	Фактичний результат	Статус
1	Створення нового профілю	Користувач запускає застосунок і створює новий профіль	Ім'я користувача	Профіль створено, запис додано в таблицю Users	Профіль створено успішно	Пройдено
2	Завантаження теоретичного матеріалу	Відкриття навчального модуля та відображення тексту у Scroll View	Вибір модуля	Текст коректно відображається, прокручується	Відображення коректне	Пройдено
3	Проходження тесту	Користувач відповідає на 5 питань	Варіанти відповідей	Результат збережено у TestResults	Результат збережено, помилок немає	Пройдено
4	Нарахування монет	Користувач завершує тест із правильними відповідями	4/5 правильних	Нарахування 40 монет	Монети нараховано правильно	Пройдено
5	Запуск міні ігри	Перехід до міні ігри та взаємодія з елементами	Натискання на колби	Анімації працюють, реакції формуються	Подвійні кліки не реєструються	Пройдено
6	Збереження прогресу	Завершення рівня	ID рівня	Прогрес записано у таблицю Progress	Прогрес збережено	Пройдено

Продовження таблиці

7	Робота з пошкодженою БД	Імітація відсутності таблиці	Порожній файл БД	Автоматичне створення таблиць	Таблиці створено автоматично	Пройдено
8	Відображення хімічних формул	Формули з індексами у TextMeshPro	H ₂ O, CO ₂	Формули відображаються через	Відображення коректне	Пройдено
9	Перемикання сцен	Швидкий перехід між сценами	3 переходи за 1 сек	Сцени завантажуються без помилок	Виявлено затримку, виправлено	Пройдено
10	Прокручування довгого тексту	Текст > 2000 символів	Довгий теоретичний блок	Scroll View працює стабільно	Після оптимізації працює стабільно	Пройдено

Проведене тестування продемонструвало високу стабільність та передбачуваність роботи інтерактивної навчальної системи. Усі тест-кейси, що охоплювали ключові функціональні модулі - створення профілю, завантаження теоретичного матеріалу, проходження тестів, роботу міні ігор, збереження прогресу та взаємодію з базою даних - були успішно виконані. Фактичні результати відповідали очікуваним, що підтверджує коректність реалізованої логіки.

У процесі тестування було виявлено кілька помилок, які могли впливати на стабільність роботи системи. Зокрема, при швидкому перемиканні сцен спостерігалася затримка ініціалізації інтерфейсу, а використання Unicode-індексів у хімічних формулах призводило до помилок рендерингу. Після оптимізації порядку завантаження сцен, додавання перевірок готовності UI-компонентів та переходу на форматування формул через теги <sub> і <sup> ці проблеми були повністю усунені.

Аналіз продуктивності показав, що система працює стабільно навіть на пристроях із невисокою продуктивністю. Час завантаження сцен залишався в

межах однієї секунди, а операції читання та запису в SQLite виконувалися без затримок. Міні ігри демонстрували плавну роботу після оптимізації кількості активних об'єктів та анімацій.

Загалом результати тестування підтвердили, що застосунок відповідає вимогам до функціональності, продуктивності та надійності. Усі критичні помилки були усунені, а система готова до використання у навчальному процесі.