



Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук  
Кафедра Медіасистем та технологій  
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
Спеціальність 186 Видавництво та поліграфія  
Тип програми Освітньо-професійна  
Освітня програма Видавничо-поліграфічна справа  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Зав. кафедри МСТ \_\_\_\_\_  
(підпис)  
«19» травня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

здобувачеві Єрохіна Дар'я Сергіївна  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка тривимірних моделей фізичних процесів  
для навчального додатку доповненої реальності

Затверджена наказом по університету від 19 травня 2025 р. № 385 Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 9 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи

Тип продукції – плакат, додаток; кольоровість – 4+0; тираж – 500; спосіб друку – офсетний; формат – 841×549 мм (A1); контент – фізичне явище з розділу ядерної фізики, а саме: реакція розпаду  $^{235}\text{U}$ ; платформа для додатку - Android.



4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі

Вступ, 1 Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу, 2 Аналітичний огляд літератури, 3 Розробка технічної характеристики видання, 4 Розробка схеми технологічного процесу виготовлення видання, 5 Вибір та обґрунтування способу друку і друкарського обладнання, 6 Вибір та обґрунтування програмного забезпечення, 7 Створення оригінал-макету видання, 8 Розробка маршрутно-технічної карти виготовлення видання, 9 Розробка додатку доповненої реальності, 10 Економічна частина, Висновки, Перелік джерел посилання, Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п. 5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри)

Мета роботи, Вихідні дані, Актуальність, Аналіз аналогів, Технологічна схема виготовлення видання, Програмне забезпечення, Маршрутно-технологічна карта, Макет видання, Економічна частина, Висновки.

6. Консультанти розділів роботи (п. 6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п. 1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
Основна частина	проф. Кулішова Н.Є.		05.06.2025
Економічна частина	ас. Легеза О.М.		06.06.2025

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу	20.05.2025	виконано
2	Аналітичний огляд літератури за темою роботи	22.05.2025	виконано
3	Розробка технічної характеристики видання	23.05.2025	виконано
4	Вибір та обґрунтування способу друку і друкарського обладнання	25.05.2025	виконано
5	Розробка схеми технологічного процесу виготовлення видання	27.05.2025	виконано
6	Вибір та обґрунтування програмного забезпечення	28.05.25	виконано
7	Створення оригінал-макету видання	30.05.2025	виконано
8	Розробка маршрутної-технічної карти виготовлення видання	01.06.2025	виконано
9	Розробка додатку доповненої реальності	05.06.2025	виконано
10	Економічна частина	02.06.2025	виконано
11	Оформлення пояснювальної записки	05.06.2025	виконано
12	Оформлення графічної частини	06.06.2025	виконано

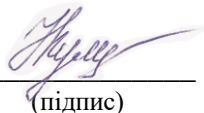
Дата видачі завдання 19 травня 2025 р.

Здобувач



(підпис)

Керівник роботи



(підпис)

проф. Нонна КУЛІШОВА

(посада, власне ім'я, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 79 с., 13 табл., 25 рис., 1 дод., 42 джерел.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ, ДОДАТОК, ДОПОВНЕНА РЕАЛЬНІСТЬ, ОРИГІНАЛ-МАКЕТ, ОФСЕТНИЙ ДРУК, ПРОЕКТУВАННЯ ВИДАННЯ.

Метою даної кваліфікаційної роботи є проектування навчального видання, плакату, з додатком доповненої реальності.

В ході виконання проведено аналіз сучасних досягнень в галузі використання доповненої реальності в українській освіті, розглянуто технології виготовлення друкарської та мультимедійної частини, додатку, розроблено технологічну схему виготовлення видання, проведено опис друкарських процесів, обрано та обґрунтовано спосіб друку та друкарське обладнання, обрано основні матеріали та розраховано їх кількість, обрано програмне забезпечення, створено оригінал-макет видання, розроблено додаток доповненої реальності.

Результатом виконання кваліфікаційної роботи є розроблений комплекс, який складається з навчального плакату та додатку доповненої реальності, контентом якого є анімовані моделі.

## ABSTRACT

The explanatory note of the qualification work contains: 79 p., 13 tab., 25 pic., 1 app., 42 sources.

EDUCATIONAL EDITION, APPLICATION, AUGMENTED REALITY, ORIGINAL LAYOUT, OFFSET PRINTING, PUBLICATION DESIGN.

The purpose of this qualification work is to design a educational publication, a poster, with an augmented reality application.

During the implementation, an analysis of modern achievements in the field of using augmented reality in Ukrainian education was conducted, technologies for manufacturing the printing and multimedia part, the application were considered, a technological scheme of the publication was developed, a description of the printing processes was carried out, the printing method and printing equipment were selected and justified, the main materials were selected and their quantity was calculated, software was selected, an original layout of the publication was created, and an augmented reality application was developed.

The result of the qualification work is a developed complex consisting of an educational poster and an augmented reality application, the content of which is animated models.

## ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ .....	9
2 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ .....	12
2.1 Аналіз технології доповненої реальності та її використання в освіті ...	12
2.2 Технології розробки доповненої реальності .....	15
2.3 Аналіз аналогів .....	16
2.4 Формування вимог для розроблення проекту.....	21
3 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИДАННЯ .....	23
3.1 Розрахунки обсягів видання .....	24
3.2 Вибір основних матеріалів.....	25
3.3 Розрахунки кількості основних матеріалів .....	30
4 РОЗРОБКА СХЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИДАННЯ .....	33
5 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ДРУКУ І ДРУКАРСЬКОГО ОБЛАДНАННЯ .....	38
5.1 Офсетний друк.....	38
5.2 Вибір друкарського обладнання .....	40
6 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	43
6.1 Програмне забезпечення для підготовки текстової інформації.....	43
6.2 Програмне забезпечення для підготовки графічної інформації .....	44
6.3 Програмне забезпечення для верстки видання .....	44
7 СТВОРЕННЯ ОРИГІНАЛ-МАКЕТУ ВИДАННЯ.....	46
7.1 Розробка вимог до оформлення видання .....	46
7.2 Розробка структури видання.....	47
7.3 Підготовка текстової інформації та зображень .....	49
7.4 Верстання видання .....	51
8 РОЗРОБКА МАРШРУТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ВИДАННЯ.....	53

9 РОЗРОБКА ДОДАТКУ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ .....	55
9.1 Схема технологічного процесу виготовлення додатку доповненої реальності.....	55
9.2 Вибір інструментальних засобів розробки.....	56
9.3 Розробка дизайну.....	58
9.4 Створення додатку доповненої реальності .....	60
9.5 Тестування додатку доповненої реальності .....	61
10 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	63
10.1 Мультимедійна складова проекту .....	63
10.2 Друкована складова проекту.....	67
ВИСНОВКИ .....	75
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	76
ДОДАТОК А Схеми технологічного процесу .....	80

## ВСТУП

Протягом останніх років, використання цифрових технологій в освітньому процесі починає відігравати все більш значну роль. Можливо навести багато прикладів застосування технологій доповненої реальності (AR – Augmented Reality) при навчанні в закладах середньої та вищої освіти. Використання даної технології відіграє особливе значення при вивченні так званих «точних», дисциплін, таких як: біологія, хімія, анатомія, інженерія та фізика. Вивчення даних наук потребує точного розуміння та уявлення. Тому технологія доповненої реальності відіграє значну роль при їх вивченні.

Створення навчального додатку доповненої реальності з використання тривимірних моделей несе потенціал у створення та впровадження в освіту під час лекційних занять, що може привести до підвищення зацікавленості студентів, залучити та підвищити рівень комунікації між викладачами та здобувачами. Дані пункти є основними аспектами, які обумовили вибір теми роботи – розробка тривимірних моделей фізичних процесів для навчального додатку доповненої реальності.

Розроблюваний проект складається з трьох основних частин: друкованої частини – плакату, віртуальної тривимірної моделі, та цифрової складової – додатку доповненої реальності. Вся інформація має бути узгодженою з замовниками, відповідати основним вимогам, та бути легкою для сприйняття та використання.

## 1 АНАЛІЗ ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Створення навчального додатку доповненої реальності з використанням тривимірних моделей фізичних процесів потребує певних знань та вмінь у різних сферах, так як має три складові: плакат, тривимірні моделі та додаток. Даний додаток є новою розробкою, тому недоліків на початковому етапі у нього немає, можливо тільки провести аналіз аналогів та вияснити основні недоліки подібних розробок.

Даний додаток створюється на замовлення, тому головна тема, відповідний текст, колірна гама моделей та плакату та інші вхідні дані надані замовником. Замовником проекту є кафедра фізики Харківського національного університету радіоелектроніки, тому він має відповідати фірмовим кольорам даного ВНЗ, текстові матеріали – наданій інформації з конспекту лекцій. Також наголошено, що розроблений плакат, який буде слугувати як доповнення теоретичного матеріалу лекцій та водночас як маркер активації додатку, друкується офсетним способом друку.

Наповненням додатку доповненої реальності будуть анімовані тривимірні моделі, які відповідають обраному фізичному явищу та тематиці плакату.

До цільової аудиторії користувачів додатку належать студенти першого та другого курсу різних спеціальностей. Також можливо виділити вторинну цільову аудиторію, яку складають викладачі. Виходячи з цього, маємо основну цільову аудиторію – студентів, хлопців та дівчат, віком від 18 до 21 років. Здобувачі будуть використовувати даний продукт протягом семестру для наявного представлення теоретичного матеріалу, а саме, фізичного процесу, під час лекцій, можливо практичних занять, протягом проходження теоретичної частини завдання, через сканування відповідного плакату в Харківському національному університеті радіоелектроніки.

Для створення та реалізації даного проекту необхідно володіти практичними навичками у таких напрямках, як: розробка та верстка друкованої частини, розробка 3D-моделі та анімації, створення саме мобільного додатку доповненої реальності. При розробці треба приділяти особу увагу таким елементам як: коректура та редагування текстової інформації, вдосконалення та усунення недоліків графічного матеріалу, компонування та ієрархічність подання інформації, розробка моделей та проведення відповідних математичних розрахунків для створення коректної симуляції, вдосконалення анімації, розробка та генерація додатку через використання двох програм.

Для досягнення поставленої мети кваліфікаційної роботи необхідно виконати наступні завдання:

- здійснити аналітичний огляд літератури та провести аналіз аналогів;
- розробити технічну характеристику видання;
- розробити схему технологічного процесу виготовлення плакату;
- обрати та обґрунтувати програмне забезпечення для видання;
- обрати та обґрунтувати спосіб друку та обладнання, виконати верстку;
- розрахувати обсяг видання та основних матеріалів;
- обрати та обґрунтувати інструментальні засоби розробки мультимедійного додатку;
- виконати моделювання, створення контенту;
- розробити мультимедійну частину роботи, додаток.

Результатом роботи мають стати розроблений макет навчально-інструкційного плакату, моделі фізичного явища з анімацією та розроблений додаток доповненої реальності, що реалізується через наведення та сканування створеного плакату. Додаток завантажується на портативний пристрій та презентує технологію доповненої реальності, яка реалізується через наведення камери смартфона чи планшета на плакат-маркер та

відображає на екрані пристрою об'ємні моделі, які утворюють надане фізичне явище.

До вихідних даних проекту можливо віднести:

- продукція – плакат, електронний додаток;
- задрукований матеріал – папір;
- кольоровість – 4+0;
- формат плакату – 841×549 мм (A1);
- контент додатку – фізичне явище з розділу ядерної фізики, а саме: реакція розпаду  $^{235}\text{U}$ .

Для розробки та виготовлення даного проекту з заданими вихідними даними необхідно обрати програмне забезпечення, що задовалняє всім вимогам та обрати поліграфічне обладнання. Також треба приділити увагу етапам створення та розробки додатку доповненої реальності.

## 2 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

У ході огляду доречно розглянути сучасні тенденції розвитку використання доповненої реальності в вищій освіті, технології та методи розробки даних проєктів, і провести аналіз аналогів.

### 2.1 Аналіз технології доповненої реальності та її використання в освіті

З кожним роком цифрові технології починають відігравати все більш значну роль в освітньому процесі і в житті в цілому. Особлива увага приділяється таким напрямкам, як технології віртуальної та доповненої реальності. Їх впровадження надає нові можливості не тільки здобувачам освіти, а і викладачам та розробникам. Дані технології мають свої переваги та недоліки. Протягом останніх років все більше користувачів та розробників почали приділяти все більше уваги саме технології доповненої реальності (Augmented Reality), яка має досить широкий спектр використання, починаючи від ігор та закінчуючи різноманітними сервісами. Одним із найбільш відомих прикладів можливо назвати онлайн перекладачі, які мають функцію миттєвого перекладу через наведення камери на текст: перекладений текст поверх «реального» являє собою доповнену реальність.

Доповнена реальність (AR) – це технологія, яка додає цифрові дані у реальному часі до об'єктів фізичного світу шляхом використання комп'ютерних пристроїв, таких як: планшети, смартфони, AR-окуляри. Використання навколишнього середовища, як основного елемента, та елементів цифрового простору дозволяє використовувати її у різноманітних сферах життєдіяльності. Досить велике «коло» можливостей та удосконалень AR-технологія має у такій сфері, як освіта, яка охоплює такі групи як: студенти вищих навчальних закладів та школярі старших (випускних) класів [1-2].

Використання доповненої реальності в українській освіті є достатньо новим підходом, який ще не набув широкого впровадження. AR-технологія надає нові можливості при навчанні не тільки в закладах вищої освіти, а і в закладах середньої. Певні дослідження надають дані, що використання даної технології більш активне впровадження в освіту набуває починаючи з 9-ого класу. Це свідчить про те, що доповнена реальність має більше переваг при вивченні точних наук, до яких можливо віднести фізику, хімію, біологію, анатомію, астрономію, інженерію, архітектуру. Тобто, можливо зазначити, що AR-технологія надає нові можливості при вивченні дисциплін, які потребує точного уявлення та розуміння, а дана технологія як раз дає таку можливість через поєднання реального досвіду з лабораторій та віртуального світу через використання контенту, який може бути відео, тривимірною моделлю, анімацією, що дозволяє поєднувати та доповнювати теоретичні знання [3-7].

Технологія має три ключові складові, до яких відносять [8]:

- контент – віртуальний об'єкт, який з'являється при наведенні пристрою на певний маркер;
- маркер – частина технології, що виконує роль інтерфейсу між віртуальним та реальним світом;
- апаратні засоби – частина технологій, яка забезпечує технічні та технологічні можливості функціонування систем.

Розглянемо дані складові більш детально. Контент являє собою віртуальний об'єкт, який буде з'являтися при наведенні пристрою, яким може бути телефон або планшет, на певний маркер. Віртуальними об'єктами можуть бути різні елементи, але зазвичай використовують 3D-моделі, але також можливо використання таких елементів як зображення, відео, аудіо чи текстова інформація.

Маркер є «з'єднувальним» елементом, інтерфейсом, який слугує елементом прив'язки контенту до реального світу. Маркерна технологія має досить важливі переваги, до яких відносять: легкий спосіб реалізації, який

потребує апаратного забезпечення, смартфон/планшет або відеокамеру, та сам маркер, який друкується. Ним може бути як зображення, так і деякий інший об'єкт, але зазвичай використовують саме зображення. А друга перевага – можливість переміщувати маркерний об'єкт, який несе свою інформацію, при цьому не втрачаючи свою працездатність, що в свою чергу дозволяє використовувати об'єкт у будь-якому місці, будь-то приміщення чи вулиця. Головним недоліком даної технології є необхідність встановлення спеціального додатку на пристрої, який буде відображати віртуальний об'єкт.

Остання складова – апаратне забезпечення. Його можливо розділити на чотири підгрупи: апаратні засоби та браузері доповненої реальності, системи розпізнавання та системи доповненої реальності. Апаратні засоби доповненої реальності забезпечують технічні можливості для створення та функціонування AR-систем, до них відносять процесори, пристрої виведення інформації, датчики та пристрої введення. Браузери доповненої реальності являють собою програмне забезпечення, функцією якого є поєднання різних інформаційних шарів в режимі реального часу, така взаємодія формується через мережу та датчики. Система розпізнавання надає змогу провести ідентифікацію об'єктів реального світу. Система доповненої реальності дозволяє працювати із даною технологією.

Технологія доповненої реальності з кожним роком все більше впроваджується у галузі освіти, що, в свою чергу, призводить до розробки та створення нових програм/додатків, які відповідають саме даній галузі та різним напрямкам.

Гарним прикладом аналогів для майбутнього проекту є наступні додатки: AR Book, ARphymedes (AR Physics made for students) та AR Physics. AR Book представляє собою додаток створений на замовлення Міністерства освіти та науки України, який поєднаний з шкільним підручником фізики, що дозволяє учням та вчителям досліджувати експерименти коли немає можливості проводити їх очно. ARphymedes (AR Physics made for students) проект, розробкою якого займалися партнери с різних університетів Європи,

його мета полягає в представленні та допомогі студентам під час початкового вивчення/дослідження курсу фізики, має як моделі, так і друковану частину. AR Physics розробка університету Сан-Хосе, він представляє собою сайт, на якому представлені відео про різні експерименти та явища фізики, які можливо завантажити та використовувати окремо.

## 2.2 Технології розробки доповненої реальності

Прийнято вважати, що створення доповненої реальності будується на двох основних принципах:

- на основі маркеру (маркерної технології);
- на основі координат місця розташування користувача.

Доповнена реальність на основі координат будується з застосуванням спеціальних датчиків, таких як: GPS-приймач, гіроскоп, акселерометр, гіроскоп та інші. Зазвичай вони використовуються в мобільних пристроях, спрямованих на карту чи зовнішнє середовище, в них може виконуватися розпізнавання об'єктів, зустрічається також їх використання в іграх.

Доповнена реальність на основі маркерної технології реалізується за рахунок сканування якогось об'єкту, що слугує тригером активації (маркером), розташованого в навколишньому середовищі, який спочатку визначається, а потім аналізується програмним забезпеченням для подальшого відтворення віртуального об'єкту. Такі додатки мають досить широкий спектр використання, починаючи від навчальних програм, закінчуючи рекламою та іграми.

Маркерами активації можуть слугувати різні об'єкти, починаючи від різних предметів до штрих-кодів. Зазвичай використовують QR-код, але останнім часом поширюється тенденція використання друкованої продукції та об'єктів реального світу. У разі використання саме маркерного підходу необхідно виконати три основні кроки створення додатку доповненої реальності. По-перше, створення друкованої частини, маркеру. Даний етап

виконується основними етапами розробки поліграфічної продукції, до них можливо віднести такі етапи як:

- вибір та обґрунтування програмного забезпечення;
- розробка концепції;
- коректура текстової інформації або підготовка та редагування графічної інформації;
- створення макету;
- друк та після друкарська обробка.

Далі необхідно створити тривимірну модель об'єкта(ів), які будуть з'являтися як елемент доповненої реальності на екрані смартфона чи планшета. Для створення віртуального об'єкту можливо використовувати будь-яке програмне середовище розробки тривимірних моделей, зазвичай увагу приділяють таким програмам як 3DMax та Blender. При необхідності далі створюється анімація моделі, настройка текстур та відображення об'єкту. Далі модель експортується у потрібний формат.

Переходимо до останнього етапу, а саме: створення додатку доповненої реальності. Для цього етапу потрібна платформа для розробки програм та платформа доповненої реальності та інструментарій розробника програмного забезпечення доповненої реальності для мобільних пристроїв. Можна використовувати поєднання таких програм як Unity та Vuforia, або MAXST, або ARCore. Наприкінці проводиться тестування створеного додатку.

Поєднання даних етапів дає можливість розробити тривимірну модель і за допомогою платформи створити програму, тобто її відображення на екрані телефону при наведенні на плоску поверхню [8, 9].

### 2.3 Аналіз аналогів

Протягом виконання дослідження та завдання було проаналізовано три навчальних додатки, які пов'язані з використанням доповненої реальності в освіті під час вивчення курсу фізики. Було обрано наступні додатки: AR

Book, ARphymedes (AR Physics made for students) та AR Physics. Вони є діючими програмами, мають свої переваги та недоліки, що робить їх гарними варіантами для проведення аналізу.

AR Book [10] – додаток створений на замовлення Міністерства освіти та науки України, поєднаний зі шкільним підручником фізики, завдяки чому набуває більш широке використання в українській освіті. Він є гарним прикладом саме української розробки додатку. Цільова аудиторія являє собою, у більшості, учнів 9-11 класів, тобто підлітків віком від 16 до 18 років. До вторинної цільової аудиторії можливо віднести вчителів, віковий діапазон може досить сильно різнитися, це можуть бути і нові вчителі, які тільки отримали вищу освіту, так і вже досвідчені, з цього робиться висновок, що вік становить від 25 до 50 років.

Головною перевагою AR Book є компонування додатку с підручником, можливість використання додатку в будь-якому місці, тому що для активації необхідний лише відповідний підручник (рис. 2.1). Але з цього виникає і недолік – необхідна наявність підручника та апаратного забезпечення.

Даний додаток досить швидко розвивається, тому зараз на платформі вже можливо знайти елементи віртуальної реальності (рис. 2.2), також розроблено більше впроваджень в різні дисципліни. Після доповнення недоліком даного додатку стала більша схожість на додаток віртуальної реальності та його взаємодія з іншими дисциплінами.

Головним недоліком, саме в порівнянні з двома іншими, є його спрямованість на школярів, а не на здобувачів вищої освіти. Вона робить платформу неможливою для більш глибокого вивчення в закладах вищої освіти.

Тим не менше, даний додаток дозволяє учням та вчителям досліджувати фізичні процеси та експерименти, коли немає можливості проводити їх очно.

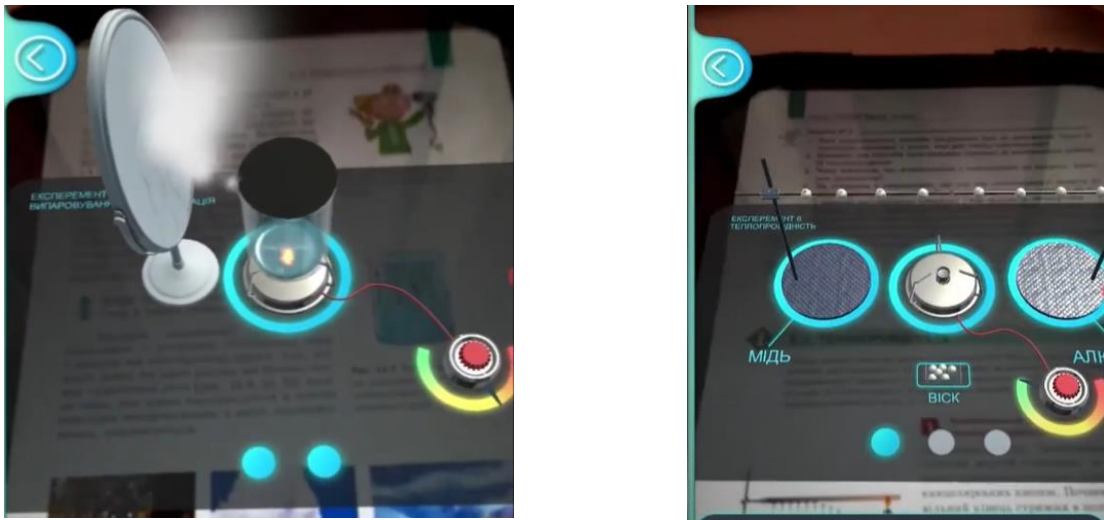


Рисунок 2.1 – Використання додатку AR Book в поєднанні з підручником



Рисунок 2.2 – Використання додатку AR Book у новому інтерфейсі, віртуальна реальність

ARphymedes (AR Physics made for students) [11] – проект, розробкою якого займалися партнери з різних університетів Європи. Він розроблений для студентів, які почали вивчати курс фізики, і складається також з мобільної та друкованої частин. Також в ньому розроблений віртуальний помічник, який може допомогти під час вирішення задач чи досліджень.

Додаток є досить гарним прикладом, в ньому наявні як і моделі, так і відео контент (рис. 2.3-2.4). Перевагою даного аналогу є інтерактивність доповненої реальності, що робить можливим використання та проведення експериментів. Також даний додаток можливо використовувати як для початкового рівня вивчення, так і для більш високого. Можливо сказати, що даний проект розроблений в першу чергу для школярів, але, якщо зазначити рівень знань та інформації, яка надається в даному аналогі, то він є гарним варіантом для проходження та використання його протягом першого курсу вищої освіти, коли зазвичай вивчається навчальний та базовий рівень фізики.



Рисунок 2.3 – Логотип проекту ARPhyMedes

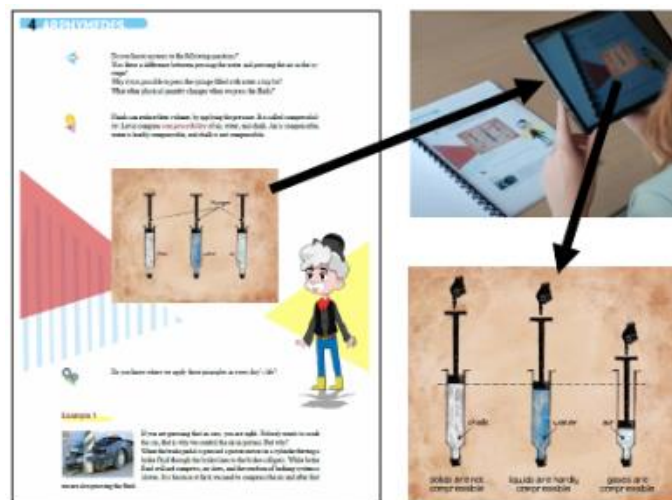


Рисунок 2.4 – Використання проекту ARPhyMedes

На даний момент головним недоліком ARPhyMedes, саме для українській аудиторії, є відсутність української мови, але присутня англійська, а для базового користування доповненої реальності буде

достатньо і початкового рівня. Але для використання саме друкованої частини та проекту в більшому обсязі необхідно достатньо глибоке володіння англійською мовою для забезпечення результату.

AR Physics [12] – розробка університету Сан-Хосе. На відміну від двох попередніх аналогів, даний має більш всього недоліків, але під іншим кутом ці недоліки можуть стати і перевагами.

Дана розробка представляє собою сайт, на якому представлені посилання для скачування додатків з різними експериментами чи явищами фізики. Створено їх досить багато, деякі з них є інтерактивними, деякі анімовані, інші мають допоміжну текстову інформацію. Також до головних переваг можливо віднести зможу користувача завантажувати додатки на різні пристрої та платформи, що робить спектр його використання достатньо широким.

Також хочеться зазначити, що на самому сайті є стислий опис кожного додатку-експерименту, посилання на нього; можливо перейти безпосередньо на сторінку самого експерименту, щоб ознайомитися з ним, завантажити контент та попередньо ознайомитися зі способом проведення: наявні або фото або відео де представлено спосіб відображення, пререліз експерименту (рис. 2.5-2.7).

Show  entries Search:

Title	URL	Description
<a href="https://bit.ly/33kn5lu">Gyroscopic Precession</a>	<a href="https://bit.ly/33kn5lu">https://bit.ly/33kn5lu</a>	Observe a spinning bicycle wheel that is suspended by a string affixed to one side of the axel. An explanation is presented for the resulting precession.
<a href="https://bit.ly/3nuJZBg">Index Ellipsoid</a>	<a href="https://bit.ly/3nuJZBg">https://bit.ly/3nuJZBg</a>	Explore the index ellipsoid of a crystal that show the relationship between the direction of polarization and the index of refraction of light propagating through a crystal.
<a href="https://bit.ly/3iQgetw">Lenz's Law</a>	<a href="https://bit.ly/3iQgetw">https://bit.ly/3iQgetw</a>	Visualize the magnetic flux through a ring and see how a current is induced when the flux changes.
<a href="https://bit.ly/3lncY9g">Light propagation through crystals (2D)</a>	<a href="https://bit.ly/3lncY9g">https://bit.ly/3lncY9g</a>	Explore the behavior of a charge in a crystal to understand birefringence.
<a href="https://bit.ly/2l7KVg0">Loop-de-Loop</a>	<a href="https://bit.ly/2l7KVg0">https://bit.ly/2l7KVg0</a>	Experiment with a ball on a track that has a loop-de-loop. You can visualize the forces to understand why it fall off (or does not fall off) the track.
<a href="https://bit.ly/2ELWAQ0">Magnetic Fields</a>	<a href="https://bit.ly/2ELWAQ0">https://bit.ly/2ELWAQ0</a>	Draw a path in 3D space and magnetic field lines from a current travelling along that path will be shown. The right hand rule for finding direction of the field is also presented.
<a href="https://bit.ly/3jwLNaD">Minecart Race</a>	<a href="https://bit.ly/3jwLNaD">https://bit.ly/3jwLNaD</a>	Use conservation of energy to understand which of two minecarts will win a race on side-by-side tracks. One track is flat, the other has a dip. You can observe how their changes in potential energy lead to changes in kinetic energy (and speed) affecting which one get to the end first.
<a href="https://bit.ly/366BOWb">Motion Graphs</a>	<a href="https://bit.ly/366BOWb">https://bit.ly/366BOWb</a>	Move back and forth to match your displacement, velocity or acceleration to the graph.
<a href="https://bit.ly/34NWTMx">Moving Charges in Magnetic Fields</a>	<a href="https://bit.ly/34NWTMx">https://bit.ly/34NWTMx</a>	Users are given an immersive view of CERN and shown a simulation of how charged particles in a collision chamber are identified. They can adjust the charge-to-mass ratio and speed of particles and observe their motion in a uniform magnetic field.
<a href="https://bit.ly/36E1EPE">Normal Shells</a>	<a href="https://bit.ly/36E1EPE">https://bit.ly/36E1EPE</a>	Explore the normal shells of a crystal that show the relationship between the direction of propagation and the index of refraction of light propagating through a crystal.

Showing 11 to 20 of 33 entries Previous 1 **2** 3 4 Next

Рисунок 2.5 – Вікно головної сторінки сайту AR Physics

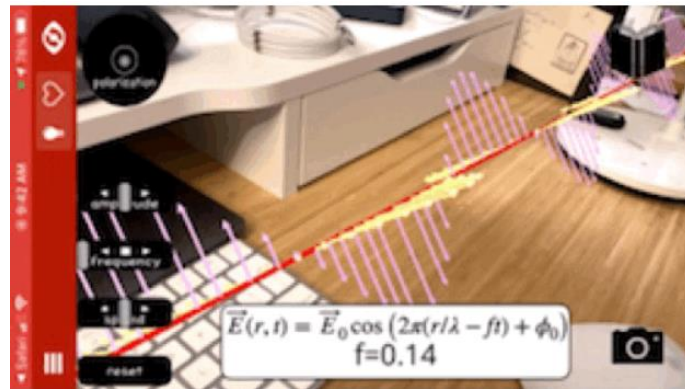


Рисунок 2.6 – Приклад відображення експерименту AR Physics



#### Loop-de-Loop

Experiment with a ball on a track that has a loop-de-loop. You can visualize the forces to understand why it fall off (or does not fall off) the track.

- URL: <https://bit.ly/2J7KVg0>
- Source code: [Loop-de-Loop.zip](#)
- full page QR code: [QRcodes/Loop-de-Loop.png](#)

Follow [the link](#) or scan the [QR code](#) from a mobile device to begin.

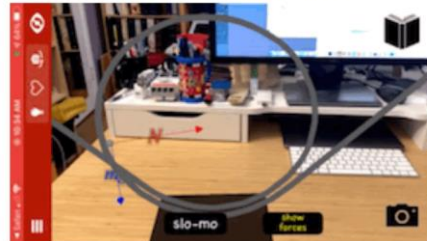


Рисунок 2.7 – Приклад використання додатку AR Physics

Порядок активації контенту досить легкий, він не потребує певних маркерів активації. Можливо сказати, що даний сайт з додатками має досить великий потенціал, але це водночас і є його головним недоліком – кожний експеримент користувач повинен завантажувати окремо, це не є одним великим додатком.

## 2.4 Формування вимог для розроблення проекту

Після аналізу обраних аналогів можливо сформулювати наступні вимоги, яких краще притримуватися під час проектування та розробки даного проекту. На їх основі сформульовано чотири основні вимоги, які підійдуть для виконання замовлення з наданими вихідними даними:

- зручність у використанні та завантаженні додатку;
- стабільність у роботі додатку, що забезпечується через гарну розпізнаваність маркеру;
- доступність для використання;
- чіткість та зрозумілість маркеру, його читабельність для користувачів додатку, як маркеру, та як елементу навчальної програми, навчального плакату.

Аналітичний огляд літератури показав, що впровадження та використання доповненої реальності в закладах вищої освіти України не набуло широкого використання, тобто дана галузь не дуже розвинена. Це, в свою чергу, приводить до відкриття нових можливостей у таких напрямках як розробка та проектування контенту та додатків доповненої реальності, основна мета яких полягає в створенні сучасного доповнення до існуючого матеріалу, який буде допомагати здобувачам освіти реалізовувати та краще розуміти отриманий теоретичний матеріал.

### 3 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИДАННЯ

Розробка технічної характеристики складається на основі основних технічних показників, які узгоджені з діючими стандартами і технічними умовами. Дані характеристики впливають на вибір операцій технологічного процесу та устаткування, на варіант розрахунків матеріалів для реалізації даного проекту [13].

Технічна характеристика видання наведена у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика й показники оформлення

№	Показники оформлення	Видання, прийняте до розробки
1	Вид видання	
	За цільовим призначенням	Навчальне
	За матеріальною конструкцією	Плакат
	За знаковою природою інформації	Текстово-ілюстраційна
	За періодичністю	Неперіодичне
2	Формат видання	
	Формат необрізаного блоку, мм	841×594 (A1)
	Формат паперового аркуша, см	84,1×59,4 (A1)
3	Обсяг видання	
	У фізичних друкарських аркушах	2
	В умовних друкарських аркушах	1,8
	У паперових друкарських аркушах	1
	Тираж, шт	500
4	Поліграфічне оформлення	
	Кольоровість	4+0
	Площа аркуша, зайнята ілюстраціями, %	40%
	Характер ілюстрацій	Растрові
	Розміри полів, мм	12,7×12,7×12,7×12,7
	Гарнітура	Segoe UI – основний Swis721 BT – допоміжний
	Накреслення	Regular – основний Bold – допоміжний
	Кегль, інтерліньяж шрифту, пт	44/52 – основний 150/180 – допоміжний
	Спосіб друку	Офсетний
	Задрукований матеріал	Папір, 150 г/м <sup>2</sup>
	Фарба	Фарба офсетна ALPHA COFREE

### 3.1 Розрахунки обсягів видання

Обсяг видання для плакату розраховується в паперових, фізичних друкованих та умовних друкованих аркушах. Для цього видання вони наступні. Обсяг видання у паперових аркушах  $O_{\text{папер.арк.}}$  визначається за формулою:

$$O_{\text{папер.арк.}} = \frac{O_{\text{ф.д.а.}}}{2}, \quad (3.1)$$

де  $O_{\text{ф.д.а.}}$  – обсяг у фізичних друкарських аркушах.

У даному випадку, при розрахунку для плакату треба враховувати, що задрукованим є весь аркуш паперу на видання, тому отримуємо:

$$O_{\text{папер.аркуш}} = 1 \text{ – для одного екземпляру;}$$

$$O_{\text{папер.аркуш}} = 500 \text{ – для тиражу;}$$

Обсяг видання в фізичних друкованих аркушах  $O_{\text{фіз.друк.арк.}}$  визначається за формулою:

$$O_{\text{фіз.друк.арк.}} = \frac{V_{\text{стор.}}}{d}, \quad (3.2)$$

де  $V_{\text{стор.}}$  – кількість сторінок видання;

$d$  – частка паперового аркуша.

Також відомо, що один фізичний друкарський аркуш дорівнює 2 паперовим аркушам з чого отримуємо:

$$O_{\text{ф.д.а.}} = 2 \text{ – для одного екземпляру;}$$

$$O_{\text{ф.д.а.}} = 1000 \text{ – для тиражу.}$$

Обсяг видання у умовних друкарських аркушах  $O_{\text{умов.друк.арк.}}$  визначається за формулою:

$$O_{\text{умов.друк.арк.}} = O_{\text{ф.д.а.}} \times k_{\text{пер.}} \quad (3.3)$$

де  $O_{\text{ф.д.а.}}$  – обсяг у фізичних друкарських аркушах;

$k_{\text{пер.}}$  – коефіцієнт переведення.

Підставимо значення та розрахуємо обсяг видання в умовних друкованих аркушах для екземпляру та всього тиражу за (3.3):

$$O_{\text{у.д.а}} = (84,1 \times 59,4) / 5400 * 2 = 1,8 \text{ у.д.а} \text{ – для одного екземпляру}$$

$$O_{\text{у.д.а}} = (84,1 \times 59,4) / 5400 * 1000 = 925,1 \text{ у.д.а} \text{ – для тиражу.}$$

### 3.2 Вибір основних матеріалів

Основні матеріали для видання, що проектується, мають велике значення під час друку та подальшої експлуатації, тому необхідно приділяти їм вибору особу увагу.

Для даного видання потрібно обрати:

- друкарські фарби та зволожуючий розчин для офсетного друку;
- задрукований матеріал – папір.

Вибір паперу впливає на якість друку, термін експлуатації отриманого видання та його зовнішній вигляд на початку та наприкінці служби. Тому важливу увагу треба приділяти даному матеріалу, необхідно, щоб він задовільняв замовника та відповідав критеріям замовлення, основній меті створення видання.

Незважаючи на широкий спектр різновидів паперу, вони всі мають певні ознаки, властиві всім видам паперу. Протягом вибору матеріалу друку

необхідно враховувати ці властивості, оскільки від них залежить кольопередача, якість та чіткість друку [14]. До цих властивостей відносять:

- щільність – маса паперу на одиницю площі ( $\text{г/м}^2$ ), впливає на міцність та товщину видання;
- білизна – властивість, яка характеризується здатністю поверхні аркуша паперу відбивати світло, від нього залежить контрастність надрукованих символів та зображень та точність кольоропередачі;
- прозорість – здатність паперу пропускати світло без розсіювання;
- міцність – властивість паперу, яка характеризується опором при розриві, розтягуванні або зношуванні;
- гнучкість – здатність паперу згинатися без розриву аркуша;
- гладкість – властивість паперу, яка характеризується рівномірністю поверхні аркуша;
- пухкість – відношення товщини до щільності паперу ( $\text{см}^3/\text{гр}$ ).

Папір можливо класифікувати за деякими характеристиками, але зазвичай прийнято їх поділяти на категорії:

- крейдований;
- некрейдований;
- дизайнерський.

Також папір розподіляють за такими ознаками:

- за щільністю (легка, середня та щільна);
- за способом друку (наприклад: для офсетного друку, для лазерного друку, для струменевого друку; флексографічний папір);
- спеціальні види: перфорований, фотопапір, самоклеючий папір.

Для даного видання, плакату, треба розглядати лише перші три зазначені види паперу, та після їх аналізу та порівняння зробити висновок, щодо обраного матеріалу.

Крейдований папір – це вид паперу, що складається з декількох шарів: основного паперового і покривного шарів, останній може бути у вигляді

одного чи декількох шарів, які нанесені або з однієї, або з двох сторін аркуша. Спеціальний покривний шар найчастіше складається з мікрочастинок крейди та кріолону, тому даний вид паперу називають крейдованим. Має достатньо широкий діапазон щільності від 90 до 300 г/м<sup>2</sup>, із значеннями 90, 115, 130, 150, 170, 200, 250 та 300 г/м<sup>2</sup>. Аркуші можуть бути або матовими або глянцевиими, також мають високу білизну та гладкість, що робить даний вид паперу гарним варіантом використання для друку рекламної продукції, каталогів, буклетів, листівок та журналів, які мають мати насичені кольори та чіткість задрукованого матеріалу.

Некрейдований папір – це вид паперу, що складається з основного шару, який створений шляхом обробки целюлози та видалення деревинної маси зі складу. Він не має спеціального покриття, що робить його більш пористим, це призводить до того, що даний вид паперу добре вбирає фарбу, тому отримані кольори на матеріалі виглядають не такими яскравими та контрастними. Має широкий діапазон щільності від 60 до 200 г/м<sup>2</sup>, виділяють наступні сорти, які переважно використовуються: 65, 80, 100, 120, 160 та 200 г/м<sup>2</sup>. Застосовують даний вид паперу для друку книг, буклетів (офсетний папір) або газет (газетний папір).

Дизайнерський папір – вид високоякісного паперу, який має специфічну текстуру, тактильні та візуальні властивості. Текстура даного різновиду паперу може бути різною: гладкою, рельєфною, металізованою або перламутровою. Щільність даного паперу варіюється від 90 до 400 г/м<sup>2</sup>. Використовується для акцидентної та рекламної продукції: візитки, сертифікати, листівки та інше.

Після аналізу видів паперу та їх основних характеристик для створення та друку навчального плакату 4+0 форматом 841×594 (A1) було обрано використовувати офсетний папір Maestro Print, а саме, Mondi Folio, щільністю 150 г/м<sup>2</sup> білого кольору. Цей папір підходить для офсетного друку та має достатню щільність для друку навчального плакату, який потребує

якісну кольоропередачу. Основні характеристики обраного паперу наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Основні характеристики паперу Mondi Folio

№	Характеристика	Значення
1	Маса, г/м <sup>2</sup>	150 ± 6
2	Непрозорість, %	89 – 93
3	Товщина, мкм	175 ± 6
4	Білизна, %	145 ± 3
5	Шорсткість, мл/мін	225 ± 75
6	Вологість, %	6,2 ± 0,7
7	Яскравість з UV D65, %	103,5 ± 1,5

Наступним кроком необхідно обрати друкарську фарбу, яка буде задовольняти вимогам видання. Вибір фарби є важливим етапом, так як вона має мати достатньо високі криючі властивості та створювати насичені, яскраві кольори на відбитках.

Друкарська фарба – це ріднинна, колоїдна система, твердою фазою якої є пігментні частинки, що рівномірно розподілені у рідко в'язучій речовині. Скаладеться фарба з в'язучих речовин, пігментів, наповнювачів (сульфат барію, гідроксид алюмінію), підфарбовуючих речовин (барвники та пігменти) та різних допоміжних елементів.

До основних характеристик друкарських фарб прийнято відносити:

- в'язкість – здатність чинити опір розтіканню, визначає наскільки легко фарба наноситься на поверхню та рівномірно розподіляється по ній;
- липкість – здатність водночас проявляти адгезійні та когезійні властивості, впливає на якість відбитку та поведінку фарби під час друку;
- стійкість – здатність зберігати властивості після нанесення на матеріал, визначає якість та опір до зовнішніх факторів;
- швидкість висихання/закріплення – показник, який визначає наскільки швидко фарба закріплюється/фіксується на матеріалі після нанесення;

– тип фарби – визначають наступні: офсетні, цифрові, флексографічні та UV-фарби.

Для проєкту підійде Hubergroup ALPHA COFREE, безкобальтова фарба призначена для офсетного друку. Обрана фарба має наступні характеристики зазначені в табл. 3.3.

Перевагою обраної фарби є стійкість до стирання, високий відсоток чіткості та стійкість до лужних речовин та розчинників.

Також необхідно приділити увагу такому елементу, як зволожуючий розчин – ріднина, яка використовується для стабілізації процесу друку, запобігає накопиченню фарби на ділянках друкарської форми та забезпечує якісне перенесення зображення.

Таблиця 3.3 – Основні характеристики офсетної фарби Hubergroup ALPHA COFREE

№	Характеристика	Значення
1	Стійкість до стирання, %	100
2	Чіткість растрової крапки, %	91
3	Швидкість закріплення, %	70
4	Глянець, %	90

Для даного видання гарним варіантом буде використання зволожуючого розчину ANTURA fount AFS1 для листового друку. Він має наступні характеристики:

- хімічно нейтральний по відношенню до друкарської фарби;
- забезпечує стійкий баланс «фарба-вода»;
- забезпечує захист друкарської форми;
- діапазон рН 4,8 – 5,2;
- вміст алкоголю від 0 до 6%;
- відсоток дозування залежить від жорсткості води, становить від 2 до 4%;
- запобігає емульгуванню, тим самим підвищуючи щільність фарби та насиченість кольорів;

- запобігає запилюванню фарби;
- має в складі інгібітори корозії;
- щільність 1,0725 кг/л;
- електропровідність (20°C) 7,75 MS/см;
- сумісність та протестований на друкарських машинах КВА.

Після того, як всі матеріали були обрані, переходимо до розрахунків кількості основних матеріалів.

### 3.3 Розрахунки кількості основних матеріалів

Проводимо розрахунки основних матеріалів необхідних для виготовлення одного екземпляру та всього тиражу.

Задрукованим матеріалом є офсетний папір Maestro Print – Mondi Folio, щільністю 150 г/м<sup>2</sup>, форматом 84,1×59,4 см. Так як розроблюваним виданням є плакат, то необхідно розрахувати кількість паперу, фарби, друкарських форм та умовних фарбовідбитків.

Спочатку визначаємо кількість паперу, необхідну для одного екземпляру та для тиражу за формулою:

$$K_{\text{бум}} = K_{\text{арк}} \times Ш \times Д \times П, \quad (3.4)$$

де  $K_{\text{арк}}$  – кількість аркушів;

$Ш$  – ширина аркуша;

$Д$  – довжина аркуша;

$П$  – щільність паперу.

Використовуючи (3.4) отримуємо наступні результати:

$$K_{\text{бум}} = 1 \times 0,594 \times 0,841 \times 150 = 74,93 \text{ г},$$

$$K_{\text{бум}} = 500 \times 0,594 \times 0,841 \times 150 = 37466,5 \text{ г} = 37,5 \text{ кг}.$$

Далі визначаємо кількість умовних фарбовідбитків за формулою:

$$V_{\text{ум.фарб}} = V_{\text{у.д.а}} \times \text{фарбовість}, \quad (3.5)$$

де  $V_{\text{ум.фарб}}$  – кількість умовних фарбовідбитків;

$V_{\text{у.д.а}}$  – обсяг в умовних друкарських аркушах;

Використовуючи (3.5) отримуємо наступні результати:

$$V_{\text{ум.фарб}} (\text{СМҮК}) = 1,8 \times 4 = 7,5 \text{ ум.ф.-відб.}$$

Третім кроком визначаємо кількість друкарських форм за формулою:

$$V_{\text{др.форм}} = V_{\text{ф.д.а}} \times \text{кольоровість}, \quad (3.6)$$

де  $V_{\text{др.форм}}$  – кількість друкарських форм;

$V_{\text{ф.д.а}}$  – обсяг в фізичних друкарських аркушах;

Використовуючи (3.6), отримуємо наступні результати:

$$V_{\text{др.форм}} = 2 \times 4 = 8 \text{ др.форм.}$$

Четвертим визначаємо кількість фарби за формулою:

$$K_{\text{ф}} = V_{\text{ум.фарб}} \times N_{\text{кр}} \times T / 1000, \quad (3.7)$$

де  $K_{\text{ф}}$  – кількість фарби;

$V_{\text{ум.фарб}}$  – кількість умовних фарбовідбитків;

$N_{\text{кр}}$  – норма витрати фарби;

$T$  – тираж.

Середня розрахункова норма витрати офсетної фарби для повнокольорового друку на офсетному папері становить 84 г.

Використовуючи (3.7), отримуємо наступні результати для одного екземпляру та тиражу:

$$K_{\phi} = 7,5 \times 84 \times 1 / 1000 = 0,63 \text{ г,}$$

$$K_{\phi} = 7,5 \times 84 \times 500 / 1000 = 315 \text{ г.}$$

Також при розрахунках матеріалів краще враховувати на 7-10% більше матеріалів. Вони необхідні під час налагоджування друку, під час пробного друку та, безпосередньо, друку тиражу. Отримуємо наступні результати:

$$K_{\text{бум}} = 37,5 + 7\% = 37,5 + 2,625 = 40,125 \text{ г}$$

$$K_{\phi} = 315 + 7\% = 315 + 22,05 = 337,05 \text{ г} = 0,337 \text{ кг.}$$

Заносимо всі отримані результати у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Розрахунки кількості основних матеріалів

№	Найменування матеріалу	Кількість облікових одиниць	Необхідна кількість матеріалів
1	Офсетний папір, кг	500	40,125
2	Фарби, кг		0,337

## 4 РОЗРОБКА СХЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИДАННЯ

Після того, як було розроблено технічну характеристику видання, переходимо до наступного етапу, а саме – до розробки технологічного процесу виготовлення видання.

Для виготовлення даного видання потрібно реалізувати декілька основних етапів: додрукарська підготовка, друк та післядрукарська обробка. Розглянемо кожний етап окремо.

Першим йде етап додрукарської підготовки, який можливо розділити на декілька основних частин, до яких відносять наступне:

- отримання замовлення;
- аналіз технічного завдання;
- збір інформації та аналіз аналогів;
- отримання вихідних даних: текстової та графічної інформації;
- коректура та затвердження текстової інформації;
- підготовка та обробка графічної інформації;
- розробка оригінал-макету.

Розглянемо кожну частину більш детально.

Напочатку отримано замовлення від кафедри фізики Харківського національного університету радіоелектроніки. Замовлення складається з двох частин: друкованої та мультимедійної частин. В даному розділі буде описано саме процес виготовлення друкованої частини проекту.

Виходячи з замовлення отримано наступні вихідні дані майбутнього видання:

- продукція – плакат;
- задрукований матеріал – папір;
- кольоровість – 4+0;
- формат плакату – 841×549 мм (A1);

- цільове призначення – навчальний;
- знакова природа інформації – текстово-ілюстраційна.

Виходячи з цих даних, можливо отримати наступний аналіз: майбутнє видання буде використовуватися у навчальних цілях протягом лекційних занять, тому він має мати достатньо великий формат, який забезпечить можливість легко читання та сканування (його як маркеру для додатку). Інформація на ньому має бути чітко сформульованою та узгодженою з замовником. На ньому має бути визначено та розташовано лише необхідну інформацію, яка буде співпадати з медіаконтентом. Шрифт має бути достатньо великим для забезпечення чіткого та легкого читання з відстані. Даний формат плакату забезпечить можливість його перенесення у різні місця при цьому зберігаючи цільність та якість інформації.

Наступним етапом є збір інформації та аналіз аналогів. Дана частина робота має невеликий об'єм. Протягом даного етапу було проведено дослідження щодо основних видів плакатів та їх характеристик та призначень, було знайдено основні вимоги до яких треба притримуватися при створенні саме навчального плакату, проведено аналіз аналогів. Аналогами для даного плакату можуть слугувати інші плакати інструкційно-навчального плакату на будь яку тематику. Після їх аналізу можливо прийти до висновку, що майбутній плакат повинен мати тезісну структуру подання текстової інформації, графічна частина має займати не менше ніж 35% площі аркуша та необхідно дотримуватися фірмового стилю закладу до якого видання належить. Після аналізу отримано висновок, що плакат має мати декілька ключових елементів:

- чітко сформульований заголовок, який має виділятися від основного тексту;
- основний текст має бути чітко сформульованим та ієрархічно упорядкованим;
- текстова інформація має бути розміщеною з лівою сторони, а графічна – з правою, це забезпечить послідовність перегляду та надасть привабливий зовнішній вигляд;

– видання належить закладу, тому краще використовувати фірмові кольори та білий колір;

– розміщення фірмових елементів таких як: емблема та повна назва ВНЗ, назва кафедри.

Далі отримано та проаналізовано вихідні дані, а саме текстова та графічна інформації. Текстова інформація для майбутнього видання отримується з розділу ядерної фізики з навчального посібнику «Загальна фізика з прикладами і задачами. Ч. III, т. 2. Квантова та атомна фізика. Фізика твердого тіла. Ядерна фізика», І. М. Кібець, А. І. Рибалка, В. О. Стороженко; Харків: Компанія СМІТ, 2014 рік [15] (рис. 4.1). Напочатку було проведено аналіз наданого розділу після чого встановлено, яку саме інформацію замовник бажає мати на плакаті. Графічна інформація також надається замовником, вона складається з одного зображення, яке потребує подальшого редагування для розташування на плакаті (рис. 4.2).

## 14 Атомне ядро

Ядро — центральна частина атома, в якій зосереджена майже вся його маса та позитивний заряд.

### 14.1. Склад та характеристика атомного ядра

Резерфорд, аналізуючи досліди з проходження  $\alpha$ -частинок через тонкі плівки золота, дістав висновків про те, що атом складається з позитивно зарядженого ядра й оточуючих його електронів.

Атомне ядро складається із елементарних частинок — протонів і нейтронів, які разом називаються *нуклонами* (від латинського *nucleus* — ядро).

Слід зауважити, що протонно-нейтронна модель була запропонована радянським фізиком Д. Д. Іваненко, а пізніше розвинута В. Гейзенбергом.

**Протон** Протон (ядро атома водню) ( $p$ ) має позитивний заряд, що дорівнює заряду електрона. Маса спокою  $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27}$  кг  $\approx 1836m_e$ , де  $m_e$  — маса електрона.

Протон має спин ( $S=1/2$ ) та власний магнітний момент  $p_{m_p} = 2,79\mu_N$ , де  $\mu_N = \frac{eh}{2m_p} = 5,05 \cdot 10^{-27}$  Дж/Тл — ядерний магнетон. Магнетон Бора  $\mu_B = 1836\mu_N$ , тобто власний магнітний момент протона приблизно в 660 разів менше, ніж магнітний момент електрона.

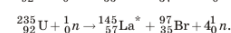
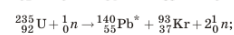
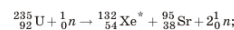
**Нейтрон** Нейтрон ( $n$ ) не має електричного заряду. Його маса  $m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27}$  кг; спин  $s=1/2$ , власний магнітний момент  $p_{m_n} = -1,91p_{m_p}$ . Знак мінус вказує на те, що напрямки власних механічного та магнітного моментів протилежні.

У вільному стані нейтрон нестабільний. Він довільно розпадається, перетворюючись в протон і випускає електрон і ще одну частинку, яка має назву антинейтрино. Схема розпаду виглядає так:



227

Реакції поділу ядра урану 235 нейтронами (1938 р. Ган, Штрассман, Мейтнер)



Продуктами поділу ядер урану можуть бути і інші пари. Але сума їх атомних номерів завжди дорівнює 92.

**Ланцюгова реакція** Ланцюгова реакція — процес, в якому одна реакція викликає наступні реакції.

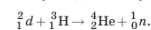
При поділі ядра урану на кожен нейтрон, що викликає цей поділ, знову виникає два або і більше нейтронів, які можуть викликати наступні поділи інших ядер. Виникає ланцюгова, лавинна реакція, в якій число нейтронів швидко зростає.

**Коефіцієнт розмноження нейтронів  $k$**  — відношення числа нейтронів, що виникають в одному акті поділу, до числа таких нейтронів у попередньому акті.

Якщо  $k=1$  — кількість актів поділу за одиницю часу стала, реактор працює із сталістю потужністю;  $k < 1$  — кількість актів поділу за одиницю часу зменшується, ланцюгова реакція згасає;  $k > 1$  — кількість актів поділу за одиницю часу збільшується, потужність реактора зростає експоненціально. Може відбутися вибух.

**Ядерний реактор** — пристрій, де реалізується керована ланцюгова реакція.

**Ядерний синтез** Ядерний синтез — реакція злиття легких ядер в одне ядро. Реакція супроводжується вивільненням надзвичайно великої кількості енергії і протікає при надвисоких температурах. Це — *термоядерна реакція*. Синтез ядер дейтерію та тритію було здійснено у водневій бомбі.



У цій реакції вивільняється 17,58 МеВ або 3,5 МеВ на одну частинку, що в чотири рази більше ніж в реакції поділу  ${}_{92}^{235}\text{U}$ .

Синтез ядер водню в ядра гелію є основним джерелом енергії Сонця та інших зірок, температура в надрах яких сягає  $10^7 - 10^8$  К. Щодо секунд Сонце випромінює  $38 \cdot 10^{26}$  Дж. Вважається, що

246

Рисунок 4.1 – Надана текстова інформація для плакату

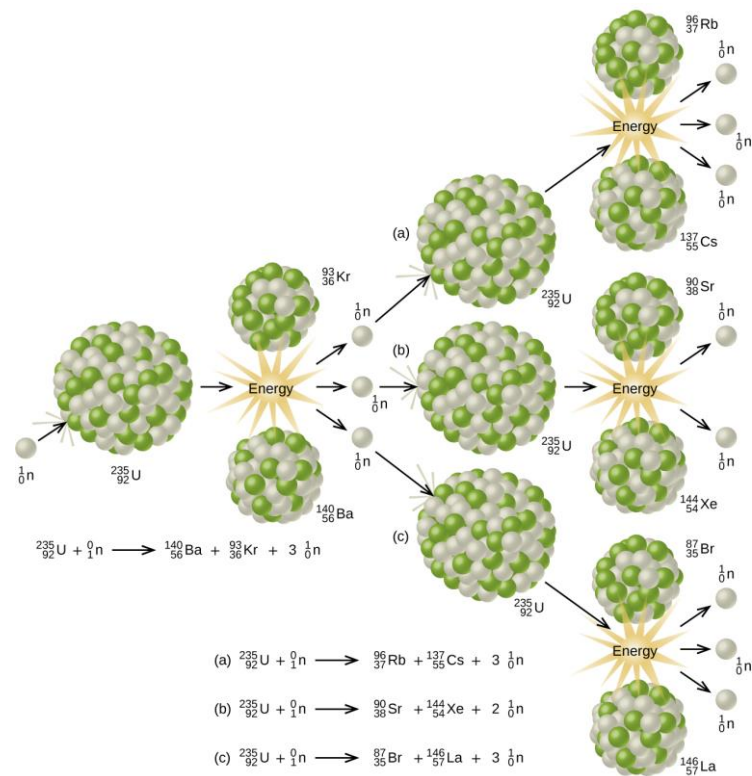


Рисунок 4.2 – Надана графічна інформація для плакату

Після аналізу вихідних даних переходимо до узгодження основних частин тексту, який буде розташований у виданні. Було прийнято рішення розмістити наступну інформацію, яка відповідає обраному зображенню та контенту мультимедійної частини:

- визначення поняття ядерної реакції;
- реакція поділу урану 235, яка скалається з п'яти формул;
- визначення ефективного перетину та його формула;
- визначення енергії ядерної реакції та її формула.

Дана текстова інформація має чітко сформульовану та ієрархічну структуру подання та ознайомлення, що приведе та послідовного сприйняття та розуміння даного розділу.

Наступним кроком є обробка графічної частини плакату. Надане зображення містить «зайві» елементи, такі як текст та формули; має деякі недоліки передачі кольору та забруднення фону. Тому на даному етапі буде проведено обробку та підготовку зображення для його використання.

Останнім етапом є розробка оригінал-макету видання з урахуванням усіх вимог, які зазначені вище. Після йде етап виготовлення друкарських форм для друку макету.

Другим етапом є друкарський, який складається з двох частин:

- підготовка матеріалів та друкарської машини;
- друк тиражу.

Після завершення друкарських процесів переходимо до післядрукарської обробки. Так як замовник не надав побажань стосовно подальшої обробки видання, то даний етап складається лише з перевірки якості друку плакатів.

Після виконання всіх вище зазначених пунктів отримано готовий продукт у вигляді створеного навчального плакату.

Схему технологічного процесу виготовлення видання наведено у додатку А, рис. А.1.

## 5 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ДРУКУ І ДРУКАРСЬКОГО ОБЛАДНАННЯ

Вибір способу друку є важливим етапом у процесі розробки видання, від нього залежить багато, наприклад: вибір обладнання, фарби, розчинників, паперу та плівки. Також необхідно враховувати економічну складову, тобто наскільки витратним вийде друк тиражу, наскільки він буде якісним та наскільки високою буде швидкість виконання замовлення [16].

Зазвичай для вибору способу друку враховуються такі складові як:

- тираж;
- формат;
- фарбованість;
- матеріал;
- сума витрат.

В нашому випадку етап вибору способу друку не є ключовим через те, що замовник при наданні завдання зауважив, що необхідно виконати друк тиражу в 500 екземплярів та фарбованістю 4+0 офсетним способом друку на відповідному папері без подальшої його обробки.

### 5.1 Офсетний друк

Офсетний друк зараз є найбільш поширеним способом друку, який зазвичай використовується для друку тиражів від 500 примірників, також він найчастіше застосовується для великих тиражів журнальної чи книжкової продукції.

Технологія офсетного друку полягає в перенесенні фарби з друкарської форми спочатку на проміжний офсетний циліндр, а потім з нього вже безпосередньо на задрукований матеріал, яким може бути папір, картон.

Офсетний друк складається з трьох основних етапів, до них відносять:

- підготовку друкарської форми, коли виготовляється друкарська пластина із зображенням;
- перенесення зображення з форми на матеріал через взаємодію фарби з гумовим циліндром (валом) та його подальшим перенесенням на задрукований матеріал;
- сушка та обробка, що виконуються після друку; також може бути проведено додаткову обробку видання на іншому обладнанні.

Технологія офсетного друку має декілька різновидів:

- листовий або рулонний;
- сухий або зволожений.

Листовий офсет базується на друці окремих аркушів паперу.

Друкарська форма являє собою металеву пластину, яка вкрита світлочутливим шаром і містить друкарські та пробільні (проміжні) елементи на поверхні. Вони мають різні поверхневі властивості, що сприймають фарбу та вологу. Виготовлення форми відбувається протягом декількох етапів, таких як еспонування та проявлення. В результаті ділянки засвіченої форми притягують воду і відштовхують фарбу, яка є маслянистою речовиною. Дані проміжки є гідрофільними, тобто це пробільні елементи. Друкарські, або гідрофобні, елементи, навпаки, є незасвіченими ділянками форми, які зберігають маслянисті речовини, фарбу, та відштовхують воду.

Після створення форм починається процес друку. Форма омивається водою за допомогою зволожувальних валиків, після чого система валиків з фарбою наносить її на гідрофобні частини. Далі текст чи зображення переноситься з форми на офсетний циліндр, з якого він переноситься вже безпосередньо на задрукований матеріал. Існує різновид офсетного друку без зволоження. В ньому використовується силікон замість зволожувального розчину. Даний різновид має більше недоліків в порівнянні із звоженим офсетом, він є більш складним, вимагає специфічного обладнання та потребує спеціальні фарби. Він дорожчий ніж «стандартний» офсетний друк.

Офсетний спосіб друку має ряд переваг, до яких відносять:

- високу якість друку;
- стабільність кольоровідтворення;
- довгу тривалість використання форм;
- високу тиражестійкість;
- економічність при великих тиражах;
- достатньо широкий спектр матеріалів друку.

До недоліків офсетного друку можливо віднести наступне:

- тривалий час підготовки;
- економічно не вигідний для малих тиражів;
- можливість зміни кольоропередачі на певних матеріалах;
- висока початкова вартість друку.

Отже, даний вид друку має декілька суттєвих переваг порівняно з іншими видами. Так як було замовлено друк плакатів з високою якістю, то даний спосіб друку є гарним варіантом для такого тиражу. У випадку, якщо б було менше екземплярів, то офсетний спосіб друку став би економічно не вигідним через малий тираж та достатньо високу вартість друку невеликої кількості, у цьому випадку вибір пав би на цифровий друк. Але в нашому випадку особливу увагу треба приділяти саме точності та якості кольоропередачі, тому офсетний друк є кінцевим варіантом.

## 5.2 Вибір друкарського обладнання

Після вибору способу друку необхідно, враховуючи вихідні дані видання обрати друкарське обладнання, яке буде задовольняти всім вимогам до яких можливо віднести:

- фарбовість видання;
- формат видання;
- можливість відтворення наданої інформації;

– сумісність з матеріалами.

Для даного видання, плакату, форматом А1 (841×549 мм), фарбованістю 4+0 та матеріалом друку – папером, яке містить фірмові кольори, текстову та графічну інформацію, необхідно приділити увагу саме таким параметрам обладнання, як якість друку та мінімальний та максимальний формати друку.

Для друку розроблюваного видання обрано офсетну друкарську машину КВА Rapida 105 (рис. 5.1), яка задовольняє всім висунутим вимогам. Дане обладнання має високі характеристики та є «перевіреним», так як воно на ринку вже достатньо довгий час, всі його переваги та недоліки перед іншим обладнанням вже виявлені. Технічні характеристики обраної друкарської машини наведені у табл. 5.1.



Рисунок 5.1 – Друкарська машина КВА Rapida 105

Обрана друкарська машина має гарні показники, які задовольняють усім вимогам та мають певний запас у параметрах. Також в ній наявні елементи, які роблять її гарним варіантом саме для друку плакату, який вимагає по-аркушової подачі, а не рулонної, тому самонаклад, розрахований на друк такого формату, є яскравим доповненням до її основних технічних характеристик.

Також в даній друкарській машині наявні системи контролю, вимірів та регулювання, які забезпечують стабільну якість протягом друку тиражу.

Таблиця 5.1 – Основні технічні характеристики офсетної друкарської машини KBA Rapida 105

№	Характеристика	Значення
1	Максимальний формат аркушів, мм	720×1050
2	Мінімальний формат аркушів, мм	360×520
3	Максимальний формат задруковування, мм	710×1040
4	Товщина задрукованого матеріалу, мм	0,06 – 0,7
5	Максимальна швидкість, аркушів/год	стандарт – до 16 000 high-speed – до 15 000 10 секцій – до 15 000 10 секцій з переверотом – до 14 000
6	Висота стапелю, мм	самонаклад – 1 300 приймання – 1 200
7	Розмір друкарських форм, мм	795×1050

## 6 ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

При проектуванні поліграфічної продукції необхідно приділяти особливу увагу програмному забезпеченню, призначеному для обробки та підготовки матеріалів та оригінал-макету видання [17]. Для кожного етапу необхідно обрати свою програму, порівняти її з аналогами та визначити, чому саме це середовище має використовуватися. Кожна програма має свої переваги та недоліки тому нижче розглянемо вибір програмного забезпечення для:

- підготовки текстової інформації;
- підготовки графічної інформації;
- верстання видання.

### 6.1 Програмне забезпечення для підготовки текстової інформації

Текстова інформація є важливою складовою при створенні друкованого видання будь якого призначення, тому до його створення, редагування треба приділяти особливу увагу. Зазвичай прийнято використовувати або текстові редактори (Notepad++), текстові процесори (Microsoft Word) чи системи управління документами (OneNote). Кожний з них має свої переваги, але у даному випадку було використано поєднання двох програм через надання посібника із вже відредагованою текстовою інформацією. Було використано:

- Adobe Acrobat – для перегляду наданого PDF-файлу навчального посібника;
- Microsoft Word – для відокремлення необхідних частин та їх встановлення у відповідному порядку.

Поєднання цих програм забезпечить правильність та ієрархічність подання текстової інформації, яка містить достатньо велику кількість формул.

## 6.2 Програмне забезпечення для підготовки графічної інформації

Графічна інформація є важливим елементом видання, воно має відзначатися високою якістю та не мати «зайвих» елементів, мати правильну кольоропередачу. Для забезпечення даних показників використовують графічні редактори. Для даного завдання було проаналізовано три середовища та обрано перший з них:

– Adobe Photoshop [20] – відомий та широко розповсюджений редактор растрових зображень з широким функціоналом. До його переваг можливо віднести: велику кількість інструментів, можливостей редагування; можливість праці з шарами, масками; можливість додавання та редагування ефектів; інтеграцію з іншими продуктами розробника. Недоліком можливо назвати достатньо високу вартість та наявність потужного комп'ютеру. Тим не менше, переваги продукту роблять його ідеальним варіантом для підготовки графічної інформації;

– GIMP [21] – менш відомий редактор растрових зображень з достатньо широкими функціональними можливостями. До його переваг можливо віднести: безкоштовність, можливість роботи з шарами та масками, менше системних вимог. Недоліком можливо назвати обмежену підтримку СМУК кольорів для друку та меншу кількість інструментів та функцій в порівнянні з професійним редактором;

– PixLr [22] – редактор растрових зображень з стандартним функціоналом. До його переваг можливо віднести наявність безкоштовної версії, простоту використання. Недоліком можливо назвати істотну обмеженість в функціоналі.

## 6.3 Програмне забезпечення для верстки видання

Щоб поєднати текстову та графічну інформацію та розмістити її у правильному порядку згідно з основними вимогами верстки видань треба

використовувати професійні програми верстання. Було проаналізовано три програми та обрано першу:

– Adobe InDesign [23] – відома та широко розповсюджена програма для верстки з широким функціоналом. До її переваг можливо віднести: потужні інструменти та широкий функціонал; можливість інтеграції з іншими продуктами компанії Adobe; підтримку інтерактивних елементів; гнучкі можливості експорту; спрямованість саме на верстання видань. Серед недоліків варто згадати значну вартість і вимоги до потужності обладнання. Тим не менше, переваги програми роблять її ідеальним варіантом для підготовки графічної інформації.

– Adobe Illustrator [24] – відомий та широко розповсюджений векторний редактор з широким функціоналом, в якому можливо виконувати верстання. До його переваг можливо віднести: надійний арсенал функцій та багатий набір інструментів; підтримку взаємодії з іншими програмами Adobe; можливість створення векторної графіки. Вартість і вимоги до технічних характеристик комп'ютера можуть стати перешкодою для деяких користувачів, спрямованість саме на векторну графіку не дозволяє ефективно працювати з растровими ілюстраціями.

– QuarkXpress [25] – відома програма для верстки з широким функціоналом. До її переваг можливо віднести: широкий функціонал; підтримка редагування графічної інформації; спрямованість саме на верстання видань. Недоліком можливо назвати достатньо високу вартість та обмежену інтеграцію з іншими програмами.

Таким чином, для виконання розробки та створення друкованої частини кваліфікаційної роботи необхідно використовувати наступне програмне забезпечення:

- Adobe Acrobat та Microsoft Word;
- Adobe Photoshop;
- Adobe InDesign.

## 7 СТВОРЕННЯ ОРИГІНАЛ-МАКЕТУ ВИДАННЯ

Після огляду вихідних даних, складання технічної характеристики, розрахунків кількості основних матеріалів, вибору способу друку можливо перейти до наступного етапу виконання кваліфікаційної роботи – створення оригінал-макету видання.

### 7.1 Розробка вимог до оформлення видання

Вимоги до оформлення видання залежать від призначення та типу видання. Проектоване видання є плакатом, а його характер – навчально-інструкційний. Для проектування даного виду плакатів існують певні рекомендації щодо розташування та оформлення [26–27]:

- заголовок має бути чітко сформульованим, має привертати увагу та нести звернення до читачів, має бути написаний крупним і чітким шрифтом, контрастним до тла;

- основний текст має бути стислим, написаним легким для сприйняття шрифтом, має ієрархічно підпорядковуватися заголовку;

- кольори мають бути легкими для сприйняття, але при цьому зберігати фірмовий стиль закладу, для тла краще використовувати білий колір;

- емблема закладу та його повна назва є обов'язковими елементами, які мають бути розміщені.

Також існує рекомендація стосовно компоновання елементів плакату. Текстову інформацію краще розміщувати з правої сторони, а графічну інформацію – з лівої. Даний плакат буде власністю кафедри фізики ХНУРЕ, тому на ньому обов'язково мають бути розміщені такі елементи, як емблема та назва вищого навчального закладу та назва кафедри.

## 7.2 Розробка структури видання

Для плакату форматом 841×549 мм, тобто А1, при компонуванні краще приділяти увагу наступним елементам:

- айденциці закладу: емблема, повна назва ВНЗ та кафедри;
- рубаним шрифтам для більш легкого сприйняття інформації;
- фірмовим кольорам ВНЗ.

Як було зазначено вище, текстову інформацію розташовуємо з правої сторони, а графічну інформацію – з лівої сторони; там також розміщуємо додатковий текст, який має підпорядковуватися основному зображенню. Слід зазначити, що графічна складова плакату має займати не менше 30% площі аркуша, для даного видання даний відсоток буде становити 40%.

Всього буде використано три фарби:

- білий колір – для фону та заголовку;
- фірмовий синій колір (C=100; M=60; Y=42; K=30) – для основного та допоміжного тексту, для графічних елементів оформлення;
- фірмовий жовтий колір (C=0; M=10; Y=100; K=0) – для оформлення айдентики.

Після цього переходимо до створення оригінал-макету видання. Для плакату не є обов'язковими елементами поля, але для запобігання погрішностей було прийнято рішення додати поля розміром 12,7 мм з усіх боків. Дані поля забезпечуть естетичність оформлення та розміщення текстової та графічної інформації.

Далі було розміщено на макеті напрямні. Розміщуємо їх по полям видання. Також додаємо вертикальну лінію трохи правіше центру плакату, дана напрямна буде слугувати як «маркер» для завершення текстової інформації, правіше неї буде розміщено графічну інформацію. Додаємо дві горизонтальні лінії, на яких будуть закінчуватися додаткові графічні елементи (рис. 7.1).



Рисунок 7.1 – Розміщення полів та напрямних видання

Переходимо до компоновання інформації на плакаті. Необхідні елементи плакату: заголовок, текстові фрейми та графічні елементи. Для розуміння використовуємо текстові фрейми та фрейми кольору magenta для графічних елементів. Напочатку розміщуємо заголовок на додатковому графічному елементі. Далі на білому тлі починаємо розміщувати основний текст. Перший текстовий фрейм розташовуємо по всій ширині плакату. Інші текстові фрейми основного тексту та формули розміщуємо з лівої сторони, використовуємо напрямні для визначення довжини фреймів. З правої сторони розміщуємо графічний фрейм, а під ним додаємо текстовий фрейм для додаткового тексту.

Після нижньої напрямної, яка визначає початок другого графічного елементу – горизонтальної лінії фірмового синього кольору, розташовуємо два текстових фрейми для повної назви навчального закладу та кафедри, та графічний елемент – емблему ВНЗ (рис. 7.2).

Для заголовку використовуємо білий колір тла, для основного та допоміжного тексту – фірмовий синій колір, а для тексту з назвою закладу – фірмовий жовтий колір.

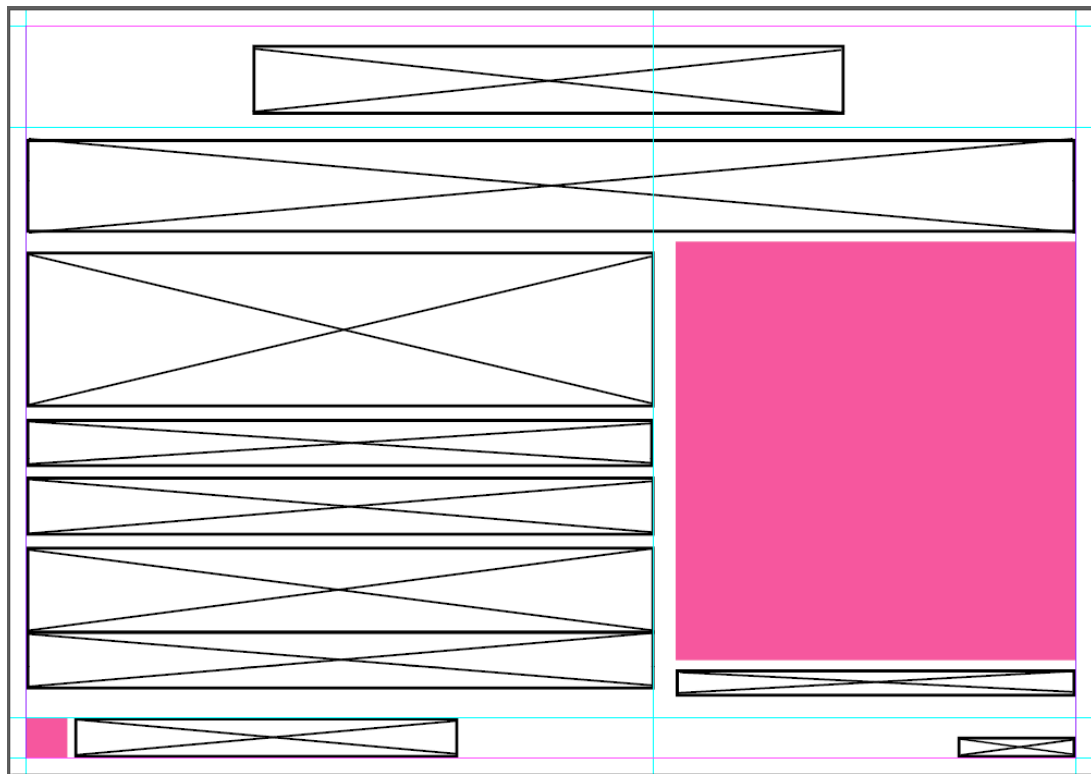


Рисунок 7.2 – Розміщення елементів видання

### 7.3 Підготовка текстової інформації та зображень

Підготовка текстової інформації не потрібна, так як вона буде використана з розділу ядерної фізики з навчального посібнику «Загальна фізика з прикладами і задачами. Ч. III, т. 2. Квантова та атомна фізика. Фізика твердого тіла. Ядерна фізика», І. М. Кібець, А. І. Рибалка, В. О. Стороженко; Харків: Компанія СМІТ, 2014 рік. Текст у підручнику вже був перевірений та відредагований. Графічна інформація також надається замовником, вона складається з одного зображення, яке потребує подальшого редагування для розташування на плакаті. Тому було використано Adobe Acrobat (перегляд наданого PDF-файлу) та Microsoft Word (відокремлення необхідних частин та їх встановлення у відповідному порядку).

Враховуючи вимоги та рекомендації до створення плакату було прийнято рішення використовувати дві гарнітури: для основного тексту та для заголовку і назви закладу. Обидва шрифти є рубаними, використання даного виду шрифтів забезпечить естетичність та легкість читання [28–30].

Для заголовку використано шрифт Swis721 BT накреслення Bold 150 кеглем. Даний шрифт також використовується для написання повної назви вищого навчально закладу та кафедри. Скорочену назву пишемо 52 кеглем та 64 інтерліньяжем, а повні назви – 30 кеглем та 36 інтерліньяжем.

Для основного тексту та формул використовуємо шрифт Segoe UI Regular, для виділення окремих позначень використовуємо накреслення Italic (рис. 7.3-7.4). Використовуємо наступні кеглі та інтерліньяжі:

- для головного визначення – 48 / 58 пт;
- для основного тексту – 44 / 52 пт
- для допоміжного тексту – 30 / 36 пт;
- для формул – 60 /72 пт.

## **Swis721 Win95BT**

*The quick brown fox jumps over the lazy dog*

Aa Bb Cc Dd Ee Ff Gg Hh Ii Jj Kk Ll Mm

Nn Oo Pp Qq Rr Ss Tt Uu Vv Ww Xx Yy Zz

1234567890 (.,!/?#\$%&\*\/\@:;)

## **Penultimate**

*The spirit is willing but the flesh is weak*

**SCHADENFREUDE**

3964 Elm Street and 1370 Rt. 21

Рисунок 7.3 – Шрифт Swis721 BT

**Bold**

## Segoe UI

The quick brown fox jumps over the lazy dog

Aa Bb Cc Dd Ee Ff Gg Hh Ii Jj Kk Ll Mm

Nn Oo Pp Qq Rr Ss Tt Uu Vv Ww Xx Yy Zz

1234567890 [.,!/?#\$%&\*\/\@:;]

## Penultimate

The spirit is willing but the flesh is weak

SCHADENFREUDE

3964 Elm Street and 1370 Rt. 21

Рисунок 7.4 – Шрифт Segoe UI

Regular

Переходимо до редагування графічного зображення. Як було зазначено раніше, зображення містить «зайві» елементи, такі як текст та формули; має деякі недоліки передачі кольору та забруднення фону. Для їх усунення використано кольорокорекцію та інструмент «Штамп» програми Adobe Photoshop (рис. 7.5-7.6). Таким чином отримуємо відредаговане зображення, на якому відсутні формули та додаткова текстова інформація.

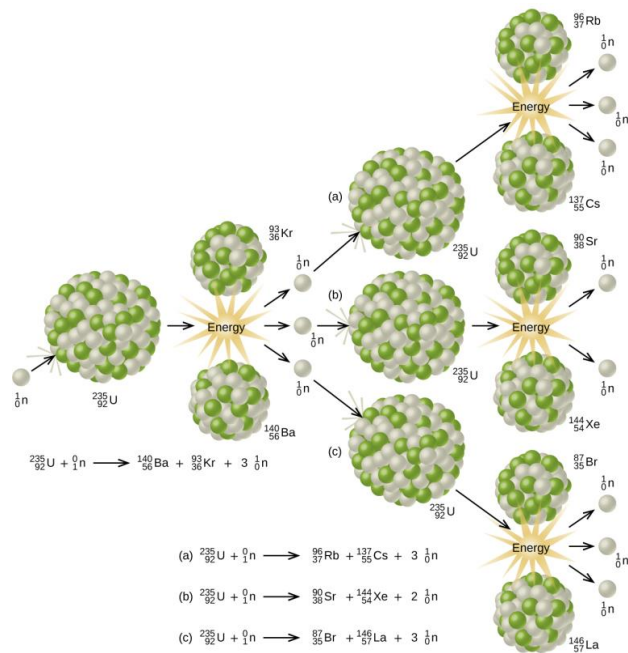


Рисунок 7.5 – Графічна інформація для плакату до обробки

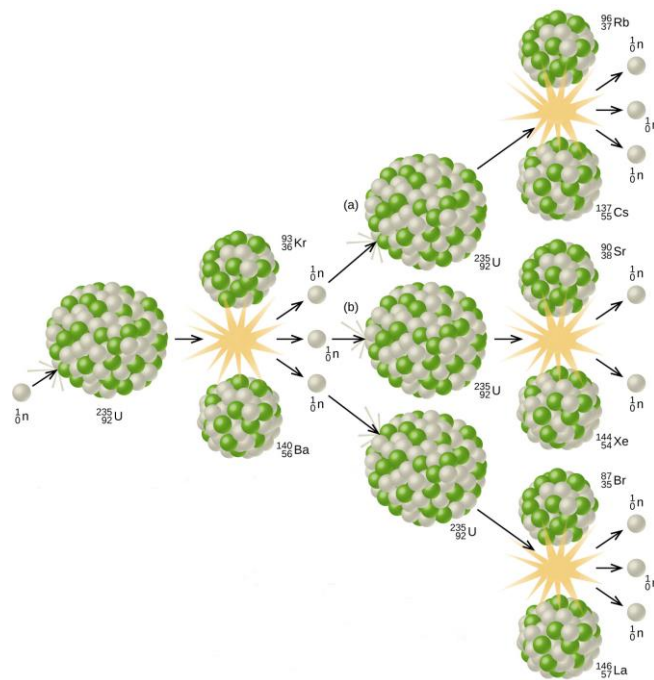


Рисунок 7.6 – Графічна інформація для плакату після обробки

#### 7.4 Верстання видання

Переходимо до верстання видання. На даному етапі розміщуємо визначену текстову інформацію та підготовлене зображення. Так як попередньо вже було визначено та розміщено текстові та графічні фрейми

видання, то на даному етапі необхідно розташувати всю інформацію у ієрархічному порядку. Надаємо текстову інформацію та формули, у графічні фрейми розміщуємо редаговане зображення та емблему ВНЗ (рис. 7.7). Наприкінці переводимо текст на криві.

# ЯДЕРНА ФІЗИКА

*Ядерні реакції* — перетворення атомних ядер внаслідок їх взаємодії з елементарними частинками або з іншими ядрами.

Реакції поділу ядра урану 235 нейтронами (1938 р. Ган, Штрассман, Мейтнер):

$${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}_{56}^{145}\text{Ba}^* + {}_{36}^{88}\text{Kr} + 3{}_0^1n;$$

$${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}_{54}^{132}\text{Xe}^* + {}_{38}^{95}\text{Sr} + 2{}_0^1n;$$

$${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}_{55}^{140}\text{Pb}^* + {}_{37}^{93}\text{Kr} + 2{}_0^1n;$$

$${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}_{57}^{145}\text{La}^* + {}_{35}^{97}\text{Br} + 4{}_0^1n;$$

Ефективність ядерної реакції характеризується *ефективним її перетином*  $\sigma$  (1 барн =  $10^{-28}$  м<sup>2</sup>):

$$\sigma = \frac{dN}{nNdx}$$

*Енергія ядерної реакції* — різниця кінетичних енергій вихідної та кінцевої пари, що приймають участь в реакції. Вона визначається співвідношенням:

$$Q = c^2[(M_1 + M_2) + (M_3 + M_4)]$$


Продуктами поділу ядер урану можуть бути і інші пари. Але сума їх атомних номерів завжди дорівнює 92.

**ХНУРЕ**  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра Фізики

Рисунок 7.7 – Створений оригінал-макет видання

## 8 РОЗРОБКА МАРШРУТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ВИДАННЯ

В даному розділі визначаємо перелік основних операцій, які будуть виконані протягом розробки видання, враховуємо технології та технічну характеристику видання, обране обладнання та основні матеріали.

Важливо виділити три основних етапи: додрукарська підготовка, друкарські процеси та післядрукарські процеси. Для даного проекту це етапи: підготовка текстової та графічної інформації, виготовлення оригінал -макету, виведення PDF-файлу; друк тиражу; перевірка якості видання.

Маршрутно-технологічна карта процесу виготовлення видання представлена у табл. 8.1.

Таблиця 8. 1 – Маршрутно-технологічна карта виготовлення плакату

№ п/п	Назва операції	Устаткування	Матеріали й робочі розчини	Технологічні режими й параметри
1	2	3	4	5
Додрукарська підготовка				
1	Підготовка текстової інформації	HP ProBook 450 15.6 inch G9 Notebook PC; 12th Gen Intel(R) Core(TM) i7-1255U; 1700 МГц; 16 ГБ; 1920×1080 dpi; 60 Гц; ПЗ Adobe Acrobat; ПЗ Microsoft Word	Текст в електронних файлах	Перевірка орфографії, визначення текстової інформації
2	Підготовка графічної інформації	HP ProBook 450 15.6 inch G9 Notebook PC; 12th Gen Intel(R) Core(TM) i7-1255U; 16 ГБ; 1920×1080 dpi; ПЗ Adobe Photoshop	Растрові ілюстрації	Редагування та обробка графічного матеріалу

Продовження таблиці 8.1.

1	2	3	4	5
Додрукарська підготовка				
3	Розробка оригінал-макету	HP ProBook 450 15.6 inch G9 Notebook PC; 12th Gen Intel(R) Core(TM) i7-1255U; 1700 МГц; 16 ГБ; 1920×1080 dpi; 60 Гц; ПЗ Adobe InDesign.	Оригінал-макет	Розробка макету видання
4	Виведення PDF-файлу	HP ProBook 450 15.6 inch G9 Notebook PC; 12th Gen Intel(R) Core(TM) i7-1255U; 1700 МГц; 16 ГБ; 1920×1080 dpi; 60 Гц; ПЗ Adobe InDesign.	Електронний макет	Виведення макету видання
Друкарські процеси				
5	Друк тиражу	KBA Rapida 105	Офсетний папір Mondi Folio; фарба для офсетного друку Hubergroup ALPHA COFREE	Візуальний контроль якості
Післядрукарські процеси				
6	Перевірка якості	немає	немає	Візуальний контроль
Розробка мультимедійної частини				
7	Розробка додатку доповненої реальності	HP ProBook 450 15.6 inch G9 Notebook PC; 12th Gen Intel(R) 1920×1080 dpi; Blender, Unity, Vuforia	немає	Розробка тривимірних моделей та додатку доповненої реальності

## 9 РОЗРОБКА ДОДАТКУ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

### 9.1 Схема технологічного процесу виготовлення додатку доповненої реальності

Для виконання даної частини завдання було проведено декілька етапів: аналіз замовлення, підготовка графічної частини (маркеру), створення бази даних таргетів, розробка та тестування додатку.

Напочатку отримано замовлення від кафедри фізики Харківського національного університету радіоелектроніки. В даному підрозділі буде описано саме процес створення мультимедійної частини проекту.

Виходячи з замовлення, отримано наступні вихідні дані майбутнього додатку:

- продукція – додаток доповненої реальності;
- цільове призначення – навчальний;
- контент – тривимірна модель фізичного явища з розділу ядерної фізики, а саме: реакція розпаду  $^{235}\text{U}$ ;
- зображення-таргет – навчальний плакат.

Наступним етапом є підготовка графічної частини – зображення-таргету. Даний етап був виконаний на початку, а процес створення плакату наведено в розділах вище.

Далі починаємо вже безпосередньо створювати додаток та його компоненти. Першим кроком створено базу даних для зображення-таргету, для цього необхідно перевести його з формату PDF у формат JPEG та завантажити у відповідне доповнення для додатку доповненої реальності.

Наступним кроком необхідно створити контент додатку [31–33]. Він був зазначений замовником – анімація тривимірних моделей фізичного явища з розділу ядерної фізики, а саме: реакція розпаду  $^{235}\text{U}$ . Після завершення створення тривимірних моделей та налагодження їх анімації

можливо перейти до створення додатку. Імпортуємо створену анімацію у відповідне середовище, підключаємо базу даних із зображенням-таргетом та виконуємо певні налаштування. Останнім кроком проводимо тестування створеного додатку шляхом наведення на таргет.

Схему технологічного процесу розробки продукту наведено у додатку А, рис. А.2.

## 9.2 Вибір інструментальних засобів розробки

При розробці додатків та ігор треба приділяти увагу при виборі засобів розробки. В даному випадку необхідно обрати програми для: створення тривимірних моделей, створення додатку (ігрові рушії) та платформу доповненої реальності.

Для створення тривимірних моделей можливо використувувати наступні програми:

– Blender [34] – програмне забезпечення для 3D-моделювання, анімації та рендерингу. Дана програма є безкоштовною, краще підходить для «органічного» моделювання, є можливість праці зі скриптами. Рендерінг базується на рушіях Cycles (фотореалістичний) та Eevee (реальний час). Можливо знайти велику кількість навчальних матеріалів, але деякі функції не до кінця розвинені. Незважаючи на недоліки було обрано використувувати саме його;

– Autodesk 3ds Max [35] – професійне програмне забезпечення для 3D-моделювання, анімації та рендерингу. Дана програма має потужні інструменти, які підтримують твердотільне моделювання, реалістичну анімацію та ефекти. Рендеринг підтримує додатково V-Ray та Arnold. Недоліками можливо назвати високу вартість та необхідність достатньо потужного комп'ютеру;

– Autodesk Maya [36] – програма, яка використовується професіоналами для створення 3D-моделей. Дана програма має розширені

скріпти та плагіни. Рендеринг підтримує V-Ray та Arnold, забезпечує високий рівень ригінгу, UV-мапінгу та динамічних симуляцій. До недолікі можливо віднести високу вартість та потребу значних обчислювальних потужностей.

Для створення додатку найчастіше використовують наступні ігрові рушії:

- Unity [37] – ігровий рушій, який підтримує розробку 2D, 3D, VR та AR. Рушій є кросплатформним, він підтримує додатки для ПК, мобільних пристроїв та консолей, має потужні інструменти анімації, підтримує C#. Саме його планується застосувати для розробки додатку;

- Unreal Engine [38] – ігровий рушій, призначений для створення високоякісних 3D-ігор. Надає можливість створення ігор без програмування, має велику бібліотеку ресурсів, дозволяє створювати додатки для ПК, мобільних пристроїв та консолей, забезпечує високий рівень якості графіки фотореалістичних сцен завдяки підтримці Lumen, Nanite та Ray Tracing. До недоліків можливо віднести високі вимоги до потужності комп'ютеру для стабільної роботи;

- Godot [39] – ігровий движок, який підтримує розробки 2D та 3D контенту. Головною перевагою є гнучка система вузлів, яка допомагає організовувати об'єкти та сцени, підтримує різні платформи. Але дана програма не є потужним засобом для розробки ігор, має обмежений функціонал в порівнянні з попередніми програмами.

Платформами доповненої реальності можуть слугувати:

- Vuforia [40] – платформа доповненої реальності. Підтримує різні платформи, надає можливість інтеграції 3D-моделі у реальний світ, наявний хмарний сервіс для зберігання таргетів. Деякі можливості доступні лише в платних версіях;

- ARCore [41] – платформа доповненої реальності, яка має високий рівень інтеграції з Android, має високу точність розпізнавання завдяки використанню SLAM (Simultaneous Localization And Mapping), але має

обмежену підтримку інших платформ, не всі пристрої, смартфони підтримують платформу.

Отже, було обрано наступні засоби розробки для мультимедійної частини кваліфікаційної роботи:

- Blender;
- Unity;
- Vuforia.

### 9.3 Розробка дизайну

Для моделювання атому та нейтронів прийнято рішення використовувати сфери. Як відомо, атом урану представляє собою «згусток» частинок, що складається з нейтронів та протонів, які утворюють барій та криптон. При комп'ютерному представленні атому застосовано сфери для моделей нейтронів та протонів сірого та зеленого кольорів відповідно, це дозволяє спростити показ процесу розпаду при анімації та більш детально провести розрахунки для правильного представлення фізичного явища. Було побудовано модель атому урану, який складається з великої кількості сфер, які розташовані у хаотичному порядку (рис. 9.1).

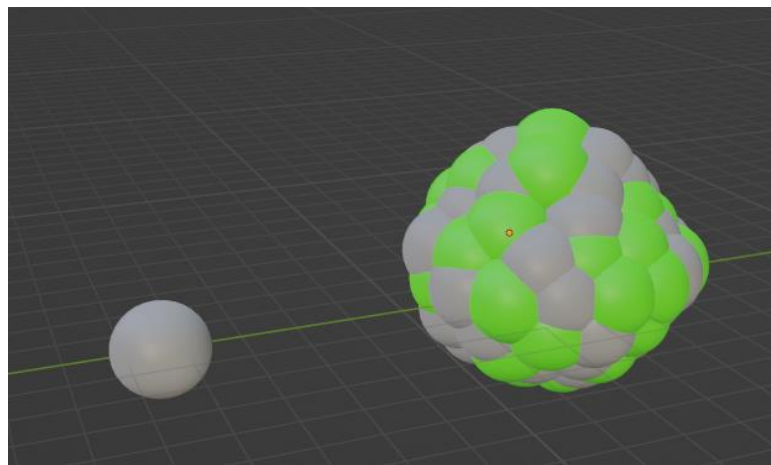


Рисунок 9.1 – Створені моделі ядра урану та нейтрона

Моделювання ланцюжку розпаду досягається через анімацію польоту нейтрона та його зіткнення з атомом та подальшої ланцюгової реакції розпаду урану  $^{235}\text{U}$ . При першому зіткненні нейтрону з атомом отримуємо атоми барію та криптону с певною кількістю вільних нейтронів, яка становить від 2 до 10 (рис. 9.2). Два з них стикаються з двома атомами урану, що приводить до реакції розпаду двох наступних ядер, після чотирьох ядер урану і так далі. В розробленій моделі показаний розпад трьох атомів (рис. 9.3).

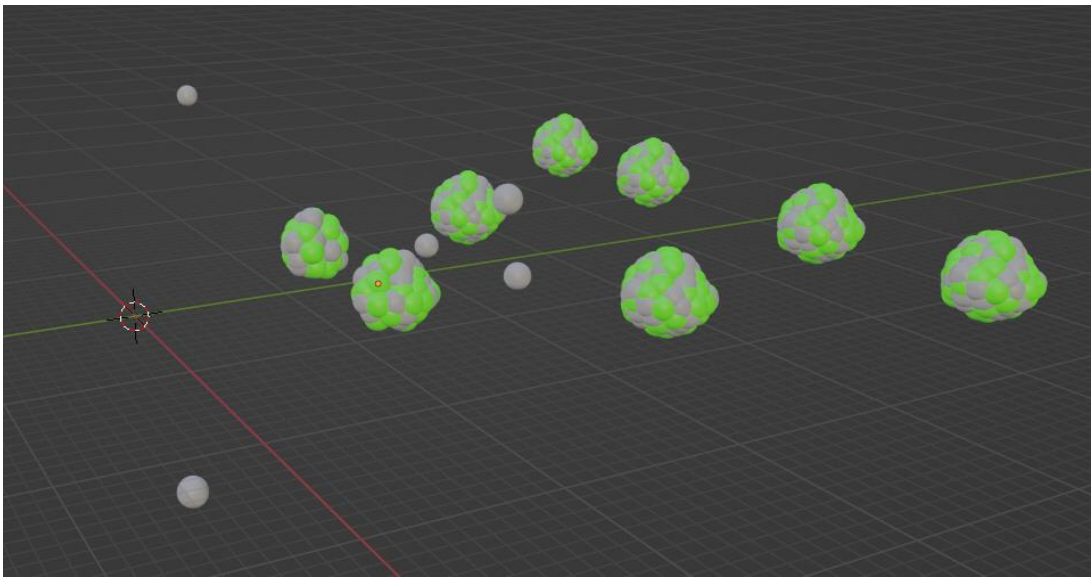


Рисунок 9.2 – Анімація поділу першого рівня

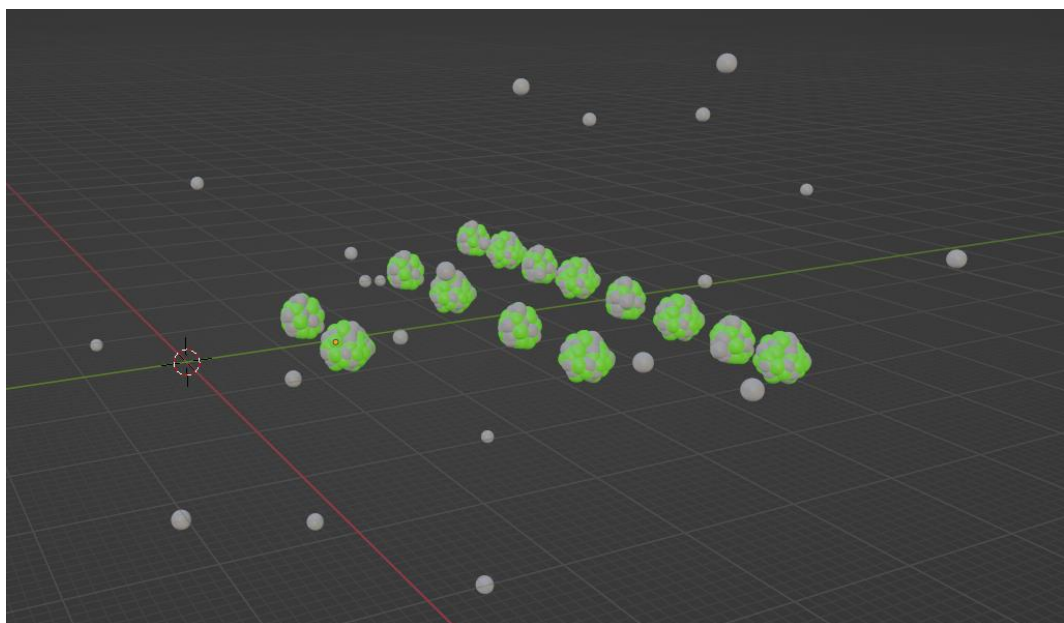


Рисунок 9.3 – Анімація фізичного явища поділу урану

## 9.4 Створення додатку доповненої реальності

На початку необхідно створити базу даних на сервісі Vuforia Engine. Для цього експортуємо плакат з Adobe InDesign у формат JPG, формат кольору – RGB. Після реєстрації на сервісі створюємо нову ліцензію та базу даних з зображенням плакату, які будуть використовуватися як таргети (рис. 9.4).

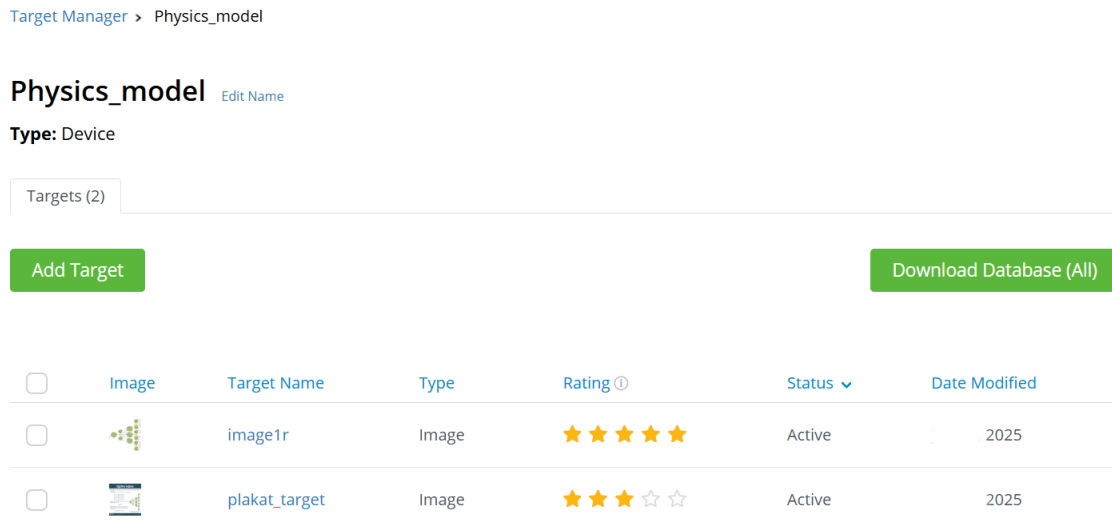


Рисунок 9.4 – Робота у Vuforia Engine

Переходимо до розробки додатку. Створюємо новий проект в Unity, перемикаємо його на Android та додаємо підтримку Vuforia Augmented Reality. Після завантажуємо базу даних та починаємо додавати таргет та об'єкти прив'язки. Робимо всі необхідні налаштування, для анімації робимо налаштування повторення анімації. Робимо прив'язки даної анімації до таргету (рис. 9.5). Після переходимо до налаштування майбутнього додатку. Ставимо підтримку з 12 Android, ставимо active input handling лише один. Налаштовуємо IL2CPP та обираємо ARM64 (64-bit) архітектуру.

Таким чином створюємо додаток доповненої реальності.

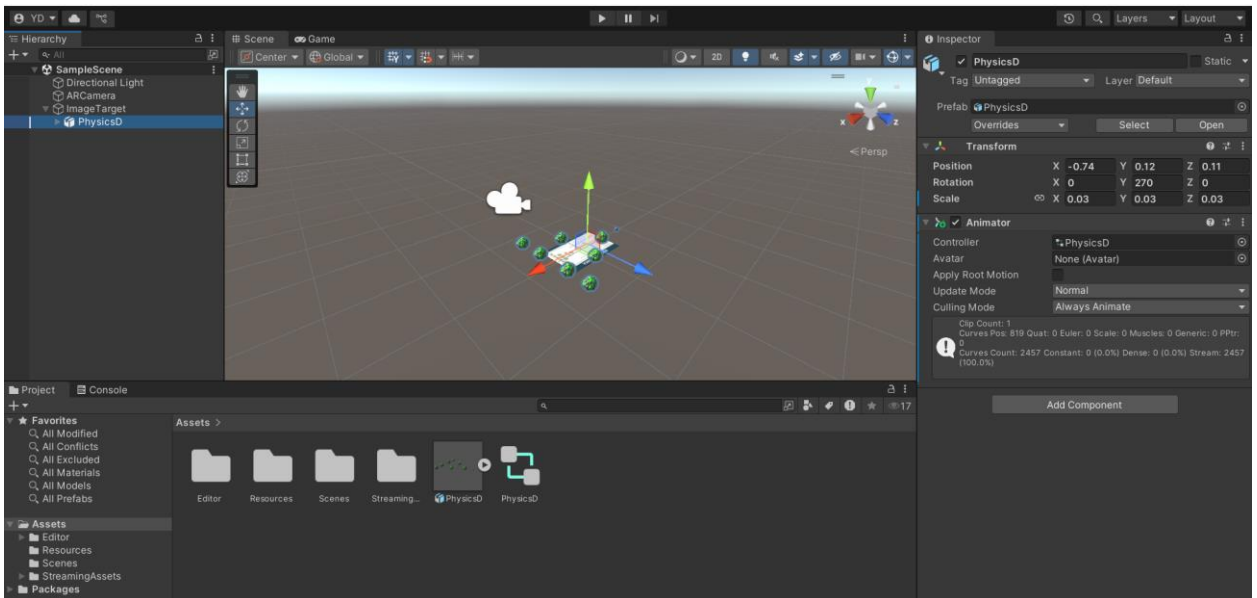


Рисунок 9.5 – Робота у Unity

### 9.5 Тестування додатку доповненої реальності

Після завершення створення та налаштування архітектури та параметрів анімації переходимо до етапу компілювання. На цьому етапу будуємо наш додаток.

Після його створення переходимо до етапу тестування. Завантажуємо додаток на смартфон, який має систему Android, вмикаємо створений додаток та наводимо камеру на таргет. Можливо побачити, що доповнена реальність відображається на екрані у коректній формі, анімація заціклена та її показ завершується при втраті таргету.

Також було зроблено декілька версій додатку, які відрізняються кутом відображення контенту. Тобто, один додаток «показує» вид зверху, інший – зверху-вниз, для більш наглядного відображення тривимірних моделей (рис. 9.6-9.7).

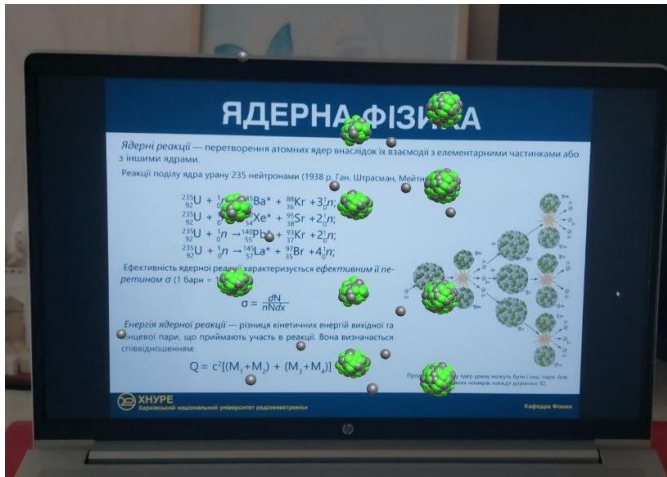


Рисунок 9.6 – Тестування роботи додатку доповненої реальності,  
вид зверху

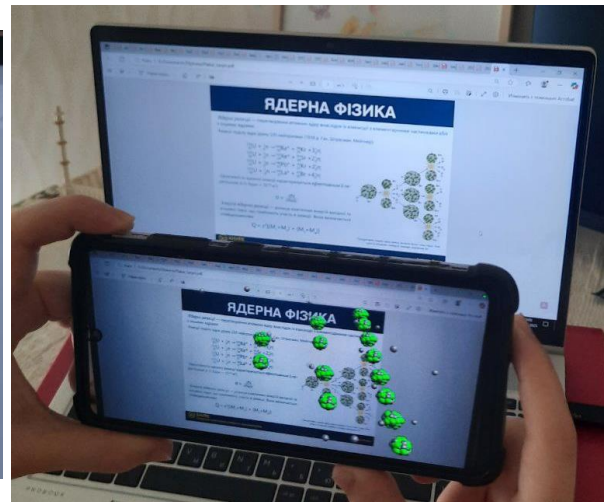
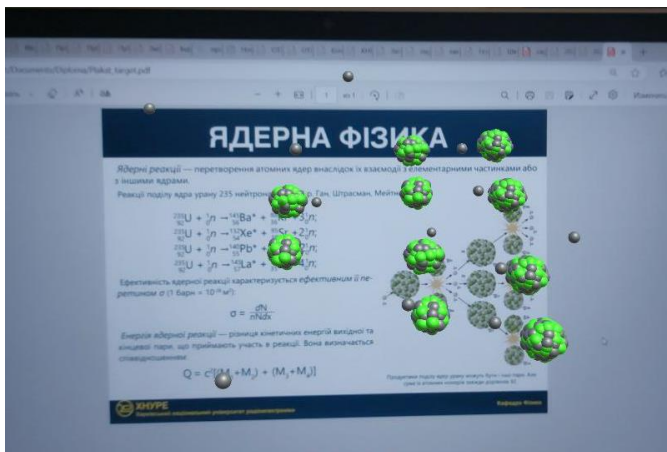


Рисунок 9.7 – Тестування роботи додатку доповненої реальності,  
вид зверху-вниз

## 10 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У результаті виконання кваліфікаційної роботи створено додаток доповненої реальності та навчальний плакат, як частини проекту. Розроблено технологічну схему розробки та виготовлення додатку та плакату.

Економічна ефективність проекту розраховується перед проектуванням і розробкою складових, у результаті чого можливо спрогнозувати потенційний ефект і доцільність впровадження проекту. Спочатку розраховується собівартість розробки, потім визначається ціна [42].

Проект складається з двох частин, тому було розраховано собівартість кожної частини та сумарну ціну проекту.

### 10.1 Мультимедійна складова проекту

Додаток є статичним по наповненню, він не потребує регулярного оновлення та підтримки, тому немає необхідності витратити додаткові ресурси у грошовому та часовому планах.

Даний додаток не розміщений в Інтернет, його можливо завантажити лише через посилання на гугл-диск, яке буде надаватися майбутнім користувачам. Ця складова суттєво зменшує загальну вартість проекту.

Розглянемо конкурентне середовище відповідно до тематики. Так як дана розробка є новим впровадженням для начального закладу та кафедри, то вона не має конкурентів з таким саме наповненням та метою роботи.

Розглянемо джерела економії, доходу, джерела фінансування.

Для фірми-розробника джерелом доходу є розробка та впровадження створеного додатку. Витрати містять у собі витрати на розробку контенту та додатку. Джерелом фінансування є кошти замовника та власні.

Для замовника джерелом економії є скорочення часу на впровадження нового матеріалу. Витрати замовника складаються з витрат, безпосередньо пов'язаних із замовленням у розробників додатку та плакату.

Розглянемо порядок проектування додатку:

– початковий етап – отримання вимог до додатку, розробка основних вимог до додатку;

– етап проектування контенту;

– етап проектування та розробки додатку.

Проведемо розрахунок собівартості і ціни розробки додатку. У собівартість розробки відносять наступні статті витрат:

– основна заробітна плата;

– додаткова заробітна плата;

– єдиний соціальний внесок;

– інші витрати.

Розробкою додатку займаються два фахівця: 3D-дизайнер та AR/VR-розробник. Зарплати даних фахівців становлять трохи вище ніж інших фахівців, тому середня зарплата 3D-дизайнера за годину становить 175,00 грн/год, AR/VR-розробник. – 300,00 грн/год. При цьому тривалість робочого дня кожного з них становить 8 годин, розробляється проєкт 6 днів.

Розрахунок основної заробітної плати наведено у табл. 10.1.

Таблиця 10.1– Розрахунок витрат на заробітну плату

Етап	Вид робіт	Виконавець		Годинна ставка, грн	Тривалість виконання, дні	Заробітна плата, грн
		кількість, ос.	посада			
1	2	3	4	5	6	7
1. Початковий	Формулювання вимог до додатку	2	дизайнер, розробник	175,00 300,00	0,5	700,00 1200,00
2. Розробка графічної частини	Розробка контенту	1	дизайнер	175,00	1	1400,00

## Продовження таблиці 10.1.

1	2	3	4	5	6	7
3. Розробка анімації	Розробка анімації контенту	1	дизайнер	175,00	2	2800,00
4. Розробка додатку	Створення AR-додатку	1	розробник	300,00	2	4800,00
	Тестування додатку	1	розробник	300,00	0,5	1200,00
Разом					6	12 100,00
Додаткова заробітна плата (20 %)						2 420,00
Усього						14 520,00

Додаткова заробітна плата – це винагорода за працю понад установлені норми, за трудові успіхи та винахідливість, і за особливі умови праці. Вона включає доплати, надбавки, гарантійні та компенсаційні виплати, передбачені чинним законодавством; премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій. У даному випадку додаткова заробітна плата становить 20 % від основної:

$$12\ 100,00 \times 0,2 = 2\ 420,00 \text{ грн.}$$

Ставка єдиного соціального внеску становить 22 % від величини основної і додаткової заробітної плати:

$$(12\ 100,00 + 2\ 420,00) \times 0,22 = 3\ 194,40 \text{ грн.}$$

Також слід врахувати інші витрати: на обслуговування комп'ютерної техніки, що використовується виконавцями проекту, і плату за електроенергію.

Витрати на електроенергію розраховуються, виходячи зі споживаної потужності пристрою і тарифу на електроенергію. У даному випадку

передбачається використання двох комп'ютерів з потужністю 0,8 кВт/год. Вартість 1 кВт/год електроенергії прийнято у розмірі 4,32 грн. Час використання електроенергії в процесі розробки з урахуванням одночасної роботи фахівців на початковому етапі:

$$8 \times 6,5 = 52 \text{ год.}$$

Отже, отримуємо наступну плату за електроенергію:

$$0,8 \times 4,32 \times 52 \times 2 = 359,42 \text{ грн.}$$

Витрати на обслуговування техніки визначаються, виходячи з її вартості та часу експлуатації, після закінчення якого вона підлягає заміні (зазвичай цей час не перевищує 3-х років). Отже, враховуючи, що вартість кожного комп'ютера дорівнює 15000,00 грн, а протягом року техніка використовується 247 робочих дні, отримаємо наступну суму витрат на обслуговування за час виконання проєкту:

$$(30\,000,00 / (3 \times 8 \times 247)) \times 52 = 263,16 \text{ грн.}$$

Проєкт впроваджується для однієї компанії, тому собівартість розробки становить:

$$(14\,520,00 + 3\,194,40 + 359,42 + 263,16) / 1 = 18\,336,98 \text{ грн.}$$

Розрахуємо суму прибутку від реалізації розробки (виходячи з рівня рентабельності 30 %) та ціну розробки без податку на додану вартість (ПДВ):

$$18\,336,98 \times 0,3 = 5\,501,09 \text{ грн,}$$

$$18\,336,98 + 5\,501,09 = 23\,838,08 \text{ грн.}$$

Розрахуємо суму ПДВ, що дорівнює 20 % від ціни без ПДВ:

$$23\,838,08 \times 0,2 = 4\,767,62 \text{ грн.}$$

З урахуванням проведених розрахунків ціна розробки додатку з ПДВ:

$$23\,838,08 + 4\,767,62 = 28\,605,69 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків внесено у табл. 10.2.

Таблиця 10.2 – Розрахунок витрат на розробку та ціни додатку

№ з/п	Стаття витрат	Сума, грн
1	Основна заробітна плата	12 100,00
2	Додаткова заробітна плата	2 420,00
3	Єдиний соціальний внесок	3 194,40
4	Витрати на обслуговування техніки	263,16
5	Витрати на електроенергію	359,42
6	Собівартість розробки сайту	18 336,98
7	Прибуток	5 501,09
8	Ціна без ПДВ	23 838,08
9	Податок на додану вартість (ПДВ)	4 767,62
10	Ціна з урахуванням ПДВ	28 605,69

Таким чином, повна вартість розробки додатку складе 28 605,69 грн. Термін виконання усіх етапів розробки становить 6 днів для команди з двох фахівців. Очікувана сума прибутку складе 5 501,09 грн, що свідчить про доцільність впровадження додатку.

## 10.2 Друкована складова проекту

Виконання друкованої частини проекту виконується за наступними етапами: отримання замовлення, аналіз аналогів, розробка оригінал-макету, кольоропроба, виведення форм, друк, пакування тиражу у коробки.

Друкована частина – плакат, як і додаток, є частиною проекту, який розробляється на замовлення. Тому частина вимог в них однакові. Наприклад – конкуренція, її майже немає. Існуючі плакати замовника вже устаріли та потребують заміни, також плакатів з даною тематикою у замовника немає. Це робить видання новим продуктом, який розробляється не для продажу чи розповсюдження, а для використання в межах одного закладу під час занять.

План виробництва передбачає визначення показників виробництва в натуральному виразі, розрахунок собівартості та ціни продукції відповідно до технічних характеристик розробки плакату. Показники виробництва в натуральному виразі наведено у табл. 10.3.

Таблиця 10.3 – Визначення показників виробництва

№ з/п	Операція	Одиниця виміру	Обсяг виробництва	Норма часу на од., хв.	Кількість, маш.-год	Чисельність, ос.	Кількість нормо-годин
1	Отримання замовлення	год	1	–	1	1	1
2	Обробка графіки	шт.	1	90	1,5	1	1,5
3	Обробка тексту	шт.	2	60	2	1	2
4	Верстка	арк.	1	240	4	1	4
5	Коректурна роздруківка	шт.	1	15	0,25	1	0,25
6	Цифрова кольоропроба	шт.	1	15	0,25	1	0,25
7	Виведення форм	шт.	8	20	2,4	1	2,4
8	Друк	шт.	500	2	15	1	15
9	Пакування	шт.	500	30	2,5	2	2,5

Для розрахунку собівартості технологічних процесів виробництва плакату необхідно визначити заробітну плату учасників технологічного процесу, а також розрахувати основні та додаткові матеріали, що витрачаються на розробку.

Розрахунок заробітної плати працівникам зроблено з урахуванням усіх процесів та учасників розробки, і наведено в табл. 10.4.

Сума єдиного соціального внеску дорівнює 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати, тобто на весь обсяг:

$$(4\ 150,00 + 207,50) \times 0,22 = 958,65 \text{ грн.}$$

Таблиця 10.4 – Розрахунок заробітної плати працівників

Посада	Чисельність, ос.	Основна заробітна плата за 1 робочий день (оклад), грн	Додаткова заробітна плата (премії та доплати)		Усього, грн (основна та додаткова заробітна плата)
			процент, %	сума, грн	
Менеджер	1	400,00	5	20,00	420,00
Дизайнер	1	550,00	5	27,50	577,50
Технолог-друкарник	1	800,00	5	40,00	840,00
Препрес інженер	1	850,00	5	42,50	892,50
Оператор поліграфічного обладнання	1	850,00	5	42,50	892,50
Пакувальник	2	350,00	5	17,50	367,50
Усього	7	4 150,00	–	207,50	4 357,50

Також при розрахунку собівартості необхідно враховувати вартість основних матеріалів. У даному проєкті це: офсетний папір щільністю 150 г/м<sup>2</sup>, фарби СМҮК, друкарські форми (8 штук), розчинник для фарби.

Витрати на матеріали на одиницю продукції розраховуються як добуток витратної норми на матеріал ( $V_{од}^M$ ) і ціни матеріалу ( $C_M$ ):

$$V_{од}^M = N_M \cdot C_M,$$

Витрати на матеріали на весь обсяг виробництва ( $V_{об}^M$ ):

$$V_{об}^M = K_{об}^M \cdot C_M,$$

Результати розрахунків наведено у табл. 10.5.

Для знаходження ціни та собівартості продукції, необхідно розрахувати наступні дані:

- витрати на утримання та експлуатацію устаткування складають 40 % від основної заробітної плати основних виробничих робітників;
- загальновиробничі витрати складають 45 % від основної заробітної плати основних виробничих робітників;

– адміністративні витрати складають 52 % від основної заробітної плати основних виробничих робітників.

Таблиця 10.5 – Розрахунок вартості основних поліграфічних матеріалів

№ з/п	Назва матеріалу	Одиниця виміру	На одиницю продукції			На обсяг виробництва	
			витратна норма матеріалу	ціна матеріалу, грн	витрати, грн	кількість матеріалу	витрати, грн
1	Папір, 150 г/м <sup>2</sup>	Арк.	1	7,99	7,99	500	3996,80
2	Фарби	кг (СМУК)	222 г/ 1000 фарбовідб.	380,00	0,60	0,337	128,06
3	Друкарські форми	шт.	–	80,00	1,05	8	640,00
4	Розчинник для фарби	кг	–	120,00	0,30	1,69	202,80
Усього					9,94	–	4 967,66

Розрахунок собівартості продукції наведено у табл. 10.6.

Після знаходження собівартості продукції знаходимо ціну реалізації продукції, яка включає виробничу собівартість, адміністративні витрати, витрати на збут і прибуток:

$$Ц = ВС + Ва + Vz + П,$$

- де Ц – ціна реалізації продукції (послуг);  
 ВС – виробнича собівартість продукції (послуг);  
 Ва – визнані адміністративні витрати;  
 Vz – витрати на збут продукції;  
 П – сума прибутку.

Таким чином, розрахована ціна продукції склала 52,18 грн з урахуванням ПДВ (вартість усього обсягу продукції дорівнює 26 087,69 грн з урахуванням ПДВ).

Таблиця 10.6 – Зведений розрахунок калькуляції собівартості та ціни продукції

№ з/п	Показник	Сума витрат на одиницю продукції, грн	Сума витрат на весь обсяг виробництва, грн
1	Матеріали	9,94	4 967,66
2	Куповані напівфабрикати та комплектувальні вироби, роботи і послуги виробничого характеру сторонніх підприємств та організацій	0,00	0,00
3	Паливо й енергія на технологічні цілі	0,12	60,00
4	Основна заробітна плата основних виробничих робітників (ОЗП)	8,30	4 150,00
5	Додаткова заробітна плата основних виробничих робітників (ДЗП)	0,42	207,50
6	Єдиний соціальний внесок (22 % від ОЗП+ДЗП)	1,92	958,65
7	Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	3,32	1 660,00
8	Загальновиробничі витрати	3,74	1 867,50
9	Виробнича собівартість (сума рядків 1-8)	27,74	13 871,31
10	Адміністративні витрати	4,32	2 158,00
11	Витрати на збут (5 % від рядка 9)	1,39	693,57
12	Повні витрати (сума рядків 9-11)	33,45	16 722,88
13	Прибуток (30 % від рядка 12)	10,03	5 016,86
14	Відпускна ціна (сума рядків 12-13)	43,48	21 739,74
15	ПДВ (20 % від суми рядка 14)	8,70	4 347,95
16	Ціна з урахуванням ПДВ (сума рядків 13-14)	52,18	26 087,69

Останнім кроком необхідно розрахувати точки беззбитковості виробництва продукції. Собівартість одиниці продукції ( $C_{од}$ ) та усього випуску ( $C_{вип}$ ) для  $i$ -го обсягу виробництва з використанням змінної та постійної частин розраховуються за формулами:

$$C_{од}^i = b + \frac{A}{x_i}, \quad (10.1)$$

$$C_{вип}^i = A + b \cdot x_i, \quad (10.2)$$

де  $b$  – змінні витрати на одиницю продукції;

$A$  – постійні витрати на весь обсяг виробництва;

$x_i$  –  $i$ -й обсяг виробництва, для якого розраховується собівартість продукції.

За змінні витрати на поліграфічному підприємстві прийнято обирати такі статті як «Матеріали», «Куповані напівфабрикати та комплектувальні вироби, роботи і послуги виробничого характеру сторонніх підприємств та організацій», «Паливо й енергія на технологічні цілі» та «Витрати на збут». За постійні – усі інші. Тобто, розрахунок за формулами (10.1) та (10.2), проводиться з такими даними:

$$C_{\text{од}}^i = 11,45 + (11001,65 / 500) = 35,865 = 33,45 \text{ грн,}$$

$$C_{\text{виш}}^i = 11001,65 + 11,45 \times 500 = 16722,88 \text{ грн.}$$

Беззбитковість виробництва визначається двома способами, аналітичним та графічним. Аналітичним способом обсяг, за якого виробництво не буде зазнавати збитків, визначається за формулою:

$$O_6 = \frac{A}{\text{Ц} - b}$$

Таким чином, беззбитковий обсяг виробництва плакатів складає:

$$11\ 001,65 / (43,48 - 11,45) = 344 \text{ шт.}$$

Для того, щоб визначити точку беззбитковості графічним методом, необхідно заповнити табл. 10.7.

Виручка (дохід) від реалізації продукції розраховується як добуток обсягу виробництва в натуральному виразі ( $O_{\text{нат}}$ ) і ціни продукції ( $\text{Ц}$ ). Собівартість на весь обсяг виробництва розраховується за (10.2).

Таблиця 10.7 – Визначення беззбитковості виробництва

Процент використання виробничої потужності, %	Обсяг виробництва, шт.	Виручка від реалізації, грн	Собівартість на весь обсяг виробництва, грн	Прибуток на весь обсяг виробництва, грн	Рентабельність продукції, %
1	2	3	4	5	6
20	125	5 434,94	12 432,90	-6 997,97	-56,29
40	250	10 869,87	13 864,15	-2 994,28	-56,29
60	375	16 304,81	15 295,40	1 009,41	6,60
80	500	21 739,74	16 722,88	5 016,86	30,00
100	625	27 174,68	18 157,90	9 016,78	49,66

Прибуток на весь обсяг виробництва розраховується як різниця між виручкою від реалізації продукції та собівартістю продукції на весь обсяг виробництва. Рентабельність продукції розраховується як відношення прибутку до собівартості продукції, помножене на 100 %.

За результатами, отриманими у табл. 10.7, побудовано графік беззбитковості, наведений на рис. 10.1.

Виходячи з цього, можна зробити висновок, що обсяг беззбитковості, при якому підприємство не зазнає збитків, але не отримує прибуток, складає 344 шт.

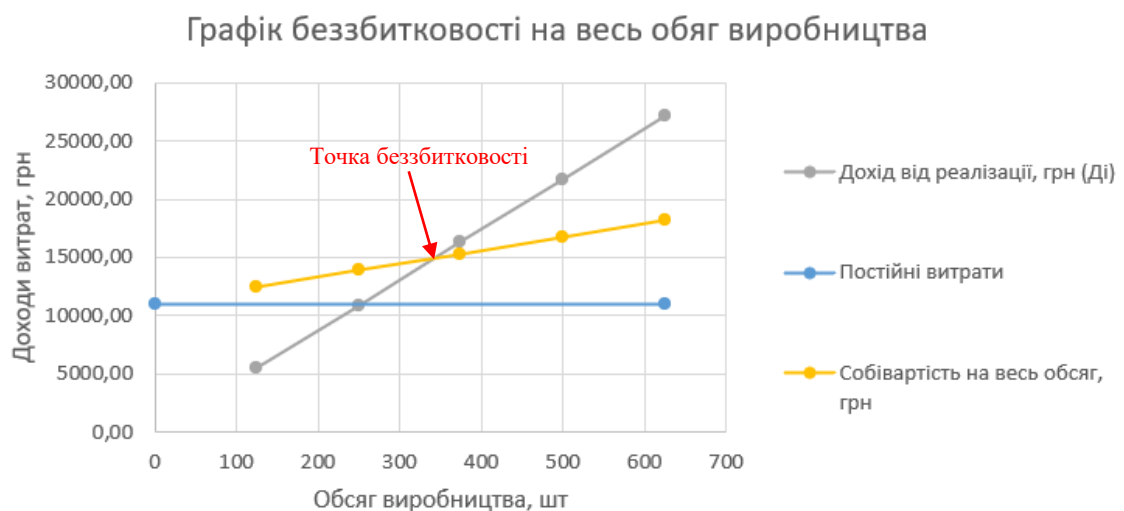


Рисунок 10.1 – Визначення точки беззбитковості

Таким чином, у результаті виконання економічної частини кваліфікаційної роботи було сформовано калькуляцію собівартості та розраховано ціну продукції, що становить:

а) для друкованої частини:

- 1) собівартість на одиницю продукції 52,18 грн з урахуванням ПДВ;
- 2) вартість усього обсягу продукції – 26 087,69 грн з урахуванням ПДВ;
- 3) очікувана сума прибутку – 5 016,86 грн;
- 4) беззбитковий обсяг виробництва дорівнює 344 шт.;

б) для мультимедійної частини:

- 1) повна вартість розробки додатку складає 28 605,69 грн;
- 2) очікувана сума прибутку складе 5 501,09 грн.

## ВИСНОВКИ

Результатом виконання кваліфікаційної роботи бакалавра є розроблений проект, який складається з навчального плакату та додатку доповненої реальності.

Розроблені елементи відповідають поставленим вимогам, розроблені з урахуванням побажань замовника, та відповідають основним вимогам щодо даного виду продукції. Створені елементи реалізують певну кольорову схему: плакат містить фірмові кольори закладу, до якого він буде належати; тривимірні моделі відповідають глобальному визначенню кольорів (одна із варіацій).

В ході виконання роботи було розроблено схему технологічного процесу виготовлення друкованого плакату та розробки мультимедійного додатку, обрано програмне забезпечення, розроблено оригінал-макет, обрано обладнання та основні матеріали для виготовлення друкованого плакату, розроблено маршрутну-технологічну карту виготовлення плакату, створено тривимірні моделі та анімацію, які представляють собою контент для мультимедійного додатку, створено та протестовано додаток доповненої реальності.

Отриманий сучасний контент мультимедійного додатку відповідає всім вимогам замовника, привертає увагу не тільки якісним дизайном та оформленням, а і впровадженням технології доповненої реальності для відображення отриманих результатів роботи з тривимірними моделями.

Проведено економічне обґрунтування розробки, собівартість плакату складає 52,18 грн, повна вартість розробки додатку складає 28 605,69 грн, очікувана сума прибутку складе 5 501,09 грн.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Тарангул Л., Романюк С. Використання технології доповненої реальності в освітньому процесі закладів вищої освіти // Проблеми освіти: збірник наукових праць. 2022. Вип. 1(96). С.187-204.
2. Єфімов Д.В. Використання доповненої реальності (AR) в освіті // Вісник Запорізького національного університету. Педагогічні науки. 2021. № 1 (37). Ч. II. С. 219-225. Available at DOI: <https://doi.org/10.26661/2522-4360-2021-1-2-34>.
3. Хміль Н.А., Галицька-Дідух Т.В., Цяньці В. Використання віртуальної та доповненої реальності в українській освіті // Академічні візії. 2023. №22.
4. Модло Є.О., Єчкало Ю.В., Семеріков С.О., Ткачук В.В. Використання технології доповненої реальності у мобільно орієнтованому середовищі навчання ВНЗ // Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. 2017. Випуск 11, частина 1. С. 93-100.
5. Yerokhina D., Kulishova N. Use of augmented reality in school's physics course // Print, Multimedia & Web. 2024. Т. 1. Р. 346-347.
6. Єрохіна Д.С., Кулішова Н.Є. Використання доповненої реальності в вищих закладах освіти в курсі фізики // Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті. 2025 Т. 6. С. 552-554.
7. Lai J.W., Cheong K.H. Educational Opportunities and Challenges in Augmented Reality: Featuring Implementations in Physics Education // IEEE Access. 2022. Vol. 10. P. 43143-43158. doi: 10.1109/ACCESS.2022.3166478.
8. Ткачук Г.В., Стеценко В.П. Технологія доповненої реальності: поняття, особливість, класифікація // Věda a perspektivy. 2022. №10(17). С. 115-126.
9. Чала Л.Е., Карпенко Д.І., Берестовий О.О. Розробка інтерактивного музейного додатку з використанням технології доповненої реальності // Біоніка інтелекту. 2019. № 2 (93). С. 39-46.
10. Вдосконалюйте навчання з AR Book. URL: [https://arbook.info/?\\_gl=1\\*\\_alnqp\\*\\_up\\*MQ..\\*\\_ga\\*MTcxNzY4NDk1OS4xNzQ5MTE](https://arbook.info/?_gl=1*_alnqp*_up*MQ..*_ga*MTcxNzY4NDk1OS4xNzQ5MTE)

wMDY5\*\_ga\_D317MK4Y02\*czE3NDkxMTAwNjYkbzEkZzAkdDE3NDkxMTAwNjYkajYwJGwwJGgw (Last accessed: 25.05.2025).

11. Dolenc S., Susman K., Pavlin J. Usage of Augmented Reality in Physics Education: Erasmus+ KA201 Project ARphymedes // 3rd World Conference on Physics Education. Journal of Physics: Conference Science. 2024.

12. AR Physics from San Jose State University. URL: <https://www.sjsu.edu/faculty/beyersdorf/ARPhysics/> (Last accessed: 25.05.2025).

13. Кулішова Н.Є., Яценко Л.О., Ткаченко В.П. Проектування друкованих видань та технологій їхнього виготовлення: навч. посіб. для здобувачів вищої освіти з дисципліни «Основи технології поліграфічного виробництва» та з виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи спеціальності 186 Видавництво та поліграфія. Харків: ХНУРЕ, 2024. 296 с.

14. Ткаченко В.П., Чеботарьова І.Б., Киричок П.О., Григорова З.В. Енциклопедія видавничої справи: навч. посібник. Харків: ХНУРЕ, 2008. 320 с.

15. Кібець І.М., Рибалка А.І., Стороженко В.О. Загальна фізика з прикладами і задачами. Ч. III, т. 2. Квантова та атомна фізика. Фізика твердого тіла. Ядерна фізика : навч. посібник. Харків: Компанія СМІТ, 2014. 304 с.

16. Вовк О.В., Григор'єв О.В. Технологія та обладнання поліграфічних процесів: конспект. Харків: ХНУРЕ, 2021. 160 с.

17. Методичні вказівки з виконання кваліфікаційної роботи для студентів денної та заочної форми навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 186 "Видавництво та поліграфія" за освітньою програмою "Видавничо-поліграфічна справа"/ В.П. Ткаченко, А.В. Бізюк, О.В. Вовк, І.М. Єгорова, В.Ф. Челомбійко. Харків: ХНУРЕ, 2020. 68 с.

18. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ, 2016. 16 с.

19. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. Київ, 2016. 31 с.

20. Adobe Photoshop. URL: <https://www.adobe.com/pl/products/photoshop/> (дата звернення 28.05.2025).
21. GIMP. URL: <https://www.gimp.org/> (дата звернення 28.05.2025).
22. PixLr. URL: <https://pixlr.com/> (дата звернення 28.05.2025).
23. Adobe InDdesign. URL: <https://www.adobe.com/ua/products/indesign.html> (дата звернення 28.05.2025).
24. Adobe Illustrator. URL: <https://www.adobe.com/ua/products/illustrator.html> (дата звернення 28.05.2025).
25. QuarkXpress. URL: <https://www.quark.com/products/quarkxpress> (дата звернення 28.05.2025).
26. Yerokhina D., Kulishova N., Kovalenko O. Development of a poster as an element of augmented reality in the study of physics in university // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології. 2025. Т. 1. С. 132-133.
27. Виноградова М. Використання технології доповненої реальності у плакаті // Наукова весна 2021. Культура і мистецтво в сучасному світі. 2021. С. 79-81.
28. Ткаченко В.П., Челомбітько В.Ф., Дорош А.К. Обробка текстової інформації у видавничих системах: Ч. I. Теоретичні основи обробки текстової інформації. Харків: «Компанія СМІТ», 2007. 308 с.
29. Ткаченко В.П., Челомбітько В.Ф., Попов О.В. Обробка текстової інформації у видавничих системах. Ч. II. Програмне забезпечення комп'ютерної обробки текстової інформації. Харків: ХНУРЕ, 2012. 148 с.
30. Дурняк Б.В., Ткаченко В.П., Чеботарьова І.Б. Стандарти в поліграфії та видавничій справі: довідник. Львів: УАД, 2011. 320 с.
31. Vidak A., Movre Šarić I., Mešić V., Gomzi V. Augmented Reality Technology in Teaching about Physics: A systematic review of opportunities and challenges // European Journal of Physics. 2023. 45(2). Available at DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.18392>.
32. Grankina V., Kulishova N. Three-dimensional model of the optical effect for an augmented reality application // Поліграфічні, мультимедійні і web-технології 2017. Т. 1. С. 155-156.

33. Sung N.-J., Ma J., Choi Y.-J., Hong M. Real-Time Augmented Reality Physics Simulator for Education // Applied Sciences. 2019. 9(19). Available at DOI: <https://doi.org/10.3390/app9194019>.
34. Blender. URL: <https://www.blender.org/> (дата звернення: 01.06.25).
35. Autodesk 3d`s Max. URL: <https://www.autodesk.com/pl/products/3ds-max/overview> (дата звернення 01.06.2025)
36. Autodesk Maya. URL: <https://help.autodesk.com> (дата звернення: 01.06.2025).
37. Unity. URL: <https://unity.com/> (дата звернення: 01.06.2025).
38. Unreal Engine. URL: <https://www.unrealengine.com/en-US> (дата звернення: 01.06.2025).
39. Godot. URL: <https://godotengine.org/> (дата звернення: 01.06.2025).
40. Vuforia. URL: <https://developer.vuforia.com/home> (дата звернення: 01.06.2025).
41. ARCore. URL: <https://developers.google.com/ar?hl=ru> (дата звернення: 01.06.2025).
42. Полозова Т.В. Методичні вказівки до виконання економічної частини кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 186 Видавництво та поліграфія усіх форм навчання. Харків: ХНУРЕ, 2022. 47 с.