

ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ РОБЕРТА ЕЛЬВОРТИ
ЕКОНОМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

«Допущено до захисту»

Завідувач

кафедри комп'ютерних наук

О.П. Бондар Бондар О.П.

19.06. 2024 р.

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр» зі
спеціальності 112 «Комп'ютерні науки»

на тему:

«Розробка 3D інтерактивної шкали масштабів галактики для
шкільного навчання»

Хатіна Анастасія Сергіївна

Керівник кваліфікаційної роботи:

Сурков Костянтин Юрійович

доцент кафедри інформаційних технологій,

кандидат технічних наук

Роботу рекомендовано до захисту
на засіданні кафедри комп'ютерних наук
протокол № 10 від «06» 06 2024р.

Завідувач кафедри комп'ютерних наук
О.П. Бондар Бондар О.П. *інф.технол.*

Роботу захищено на засіданні ДЕК
з оцінкою

згод. / Д / 64
(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Протокол № 8 від «20» 06 2024 р.
Голова ДЕК _____

АНОТАЦІЯ

Хатіна А.С. Розробка 3D інтерактивної шкали масштабів галактик для шкільного навчання – Кваліфікаційна робота зі спеціальності 122 «Комп’ютерні науки». – Економіко-технологічний інститут імені Роберта Ельворті, Кропивницький, 2024 р.

Зміст анотації, робота складається зі вступу, трьох розділів, які діляться на 10 підрозділів, списків використаних джерел, додатків та має загальний обсяг 64 сторінки.

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИВЧЕННЯ МАСШТАБІВ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ У ШКІЛЬНІЙ ОСВІТІ

1.1. Ієрархія та різноманіття космічних структур

1.2. Проблеми сприйняття космічних масштабів учнями

1.3. Ефективність використання 3D візуалізації у навчанні астрономії

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ 3D ВЕБ-ЗАСТОСУНКІВ ДЛЯ ОСВІТИ

2.1. Blender як інструмент для 3D моделювання космічних об'єктів

2.2. Three.js для веб-візуалізації 3D моделей

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТА ОЦІНКА ВЕБ-ЗАСТОСУНКУ "MILKY WAY GALAXY"

3.1. Концепція та реалізація проекту

3.2. Функціональність та структура веб-застосунку

3.3. Оцінка повноти вирішення поставленої задачі

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний світ стрімко розвивається у напрямку цифрових технологій, що вимагає відповідного підходу до навчання, особливо у галузі природничих наук. Астрономія, як одна з найбільш захоплюючих наук, часто залишається складною для сприйняття учнями через абстрактність і масштабність своїх об'єктів. Відстані між космічними тілами, розміри галактик та інших об'єктів є настільки великими, що їх важко уявити без наочних засобів. Впровадження інтерактивних 3D технологій у навчальний процес може значно полегшити сприйняття та засвоєння цих складних концепцій.

Метою даної роботи є розробка інтерактивного 3D веб-застосунку, що дозволить учням краще зрозуміти масштаби галактики та структуру космічних об'єктів.

Для досягнення цієї мети були поставлені наступні **завдання:**

1. Дослідити теоретичні основи вивчення масштабів космічних об'єктів у шкільній освіті.
2. Аналізувати проблеми сприйняття космічних масштабів учнями.
3. Визначити ефективність використання 3D візуалізації у навчанні астрономії.
4. Ознайомитися з технологіями створення інтерактивних 3D веб-застосунків, зокрема Blender та Three.js.
5. Розробити концепцію та реалізувати інтерактивний веб-застосунок "Milky Way Galaxy".
6. Оцінити функціональність та структуру веб-застосунку, а також його вплив на навчальний процес.

Об'єкт дослідження: Об'єктом дослідження є процес навчання астрономії у шкільній освіті, зокрема методи та засоби візуалізації космічних об'єктів і масштабів.

Предмет дослідження: Предметом дослідження є розробка та використання інтерактивного 3D веб-застосунку для вивчення масштабів галактики у шкільному курсі астрономії.

У ході дослідження використовувалися наступні **методи:**

- Аналіз літературних джерел та наукових статей з питань астрономії та освітніх технологій.

- Системний підхід до проектування та розробки веб-застосунків.

- Інструменти 3D моделювання (Blender) та веб-програмування (Three.js).

- Педагогічний експеримент для оцінки ефективності використання розробленого застосунку у навчальному процесі.

Наукова значущість роботи полягає у створенні нових методів викладання астрономії за допомогою інтерактивних 3D технологій.

Практична значущість проявляється у можливості впровадження розробленого веб-застосунку "Milky Way Galaxy" у шкільну програму. Це сприятиме покращенню якості навчання, підвищенню зацікавленості учнів у вивченні астрономії та більш глибокому розумінню ними космічних масштабів та структур.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИВЧЕННЯ МАСШТАБІВ КОСМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ У ШКІЛЬНІЙ ОСВІТІ

1.1. Ієрархія та різноманіття космічних структур

Астрономія вивчає широкий спектр космічних об'єктів, які утворюють складні ієрархічні структури. Ці структури включають планети, зірки, зоряні системи, галактики та скупчення галактик, кожна з яких має свої унікальні властивості та характеристики [3].

Планети і супутники:

Планети - це великі космічні тіла, які обертаються навколо зірок. Вони можуть мати природні супутники, як-от Місяць, що обертається навколо Землі. Кожна планета унікальна за своїми розмірами, масою та атмосферними умовами.

Зірки:

Зірки - це масивні кулі з газу, що випромінюють енергію через термоядерні реакції у своїх ядрах. Вони відрізняються за розмірами, світністю та кольором, що залежить від їхньої маси та стадії еволюції. Сонце - це зірка, що є центром нашої Сонячної системи.

Зоряні системи:

Зоряні системи складаються з зірок та інших об'єктів, що обертаються навколо них, таких як планети, астероїди та комети. Найвідоміша зоряна система - це наша Сонячна система [3].

Галактики:

Галактики - це величезні системи, що містять мільйони до трильйонів зірок, а також міжзоряний газ, пил та темну матерію. Вони мають різні форми, зокрема спіральні, еліптичні та неправильні галактики. Наша галактика, Чумацький Шлях, є спіральною галактикою.

Скупчення галактик:

Скупчення галактик є найбільшими відомими структурами у Всесвіті, що складаються з сотень або тисяч галактик, зв'язаних разом гравітацією. Вони можуть утворювати надскупчення, які є ще більшими структурами.

Ієрархія космічних структур демонструє, як відносно невеликі об'єкти, такі як планети, вписуються у значно більші системи [2]. Це дозволяє учням краще зрозуміти масштаби космосу та взаємозв'язок між його складовими. Вивчення цих структур є важливим для формування загального уявлення про Всесвіт і місце нашої планети в ньому.

Масштаби космічних структур:

Масштаби у космосі варіюються від кількох кілометрів (діаметр малих астероїдів) до мільйонів світлових років (розміри скупчень галактик). Наприклад, діаметр Землі становить приблизно 12 742 км, тоді як діаметр Чумацького Шляху становить близько 100 000 світлових років [2]. Відстань від Землі до найближчої зірки, Проксима Центавра, становить приблизно 4.24 світлових роки.

Міжзоряний простір та космічний пил:

Міжзоряний простір – це область космосу між зірками, яка заповнена рідкісними частинками газу та пилу, відомими як міжзоряний пил. Ці частинки складаються переважно з водню та гелію, але також можуть містити складні молекули. Міжзоряний пил відіграє ключову роль у процесах утворення зірок та планетарних систем.

Темна матерія:

Темна матерія - це невидима речовина, яка складає більшість маси у Всесвіті. Хоча вона не випромінює світло і не взаємодіє з електромагнітним випромінюванням, її існування підтверджується гравітаційними ефектами на видимі космічні об'єкти [1]. Темна матерія утворює великомасштабні структури у Всесвіті та відіграє важливу роль у формуванні галактик і їх скупчень.

Темна енергія:

Темна енергія - це гіпотетична форма енергії, яка пронизує весь простір і прискорює розширення Всесвіту. Вона становить приблизно 68% енергії-матерії у Всесвіті. Розуміння темної енергії та її впливу на космічні структури є однією з найбільших загадок сучасної астрономії та фізики.

Космічні масштабні структури:

Масштабні структури у Всесвіті включають в себе велетенські космічні нитки, пустоти, та скупчення галактик. Космічні нитки складаються з галактик та скупчень галактик, з'єднаних між собою темною матерією, створюючи гігантську "космічну павутину" [2]. Пустоти – це області космосу, де майже відсутні галактики, і вони займають більшість об'єму Всесвіту.

Еволюція космічних структур:

Космічні структури еволюціонують з часом. Наприклад, галактики можуть зливатися, утворюючи нові, більші галактики. Це злиття впливає на форму та склад галактик. Зірки також еволюціонують: від народження в газопилових хмарах до кінцевих стадій життя, таких як червоні гіганти або наднові. Еволюція зірок створює нові хімічні елементи, які потім використовуються для утворення нових зірок і планет.

Інтерактивні 3D моделі для вивчення космічних структур [4]:

Інтерактивні 3D моделі є потужним інструментом для вивчення космічних структур. Вони дозволяють учням візуалізувати і досліджувати об'єкти у тривимірному просторі, що робить процес навчання більш захопливим і зрозумілим. Такі моделі можуть демонструвати взаємодію між різними космічними об'єктами, їх еволюцію та масштабні відмінності.

Компактні об'єкти:

Компактні об'єкти, такі як білі карлики, нейтронні зірки та чорні діри, є кінцевими стадіями еволюції зірок. Білі карлики - це залишки зірок середньої маси, які більше не здійснюють термоядерні реакції. Нейтронні зірки утворюються після вибуху наднової, коли ядро масивної зірки колапсує до неймовірної щільності. Чорні діри утворюються при колапсі найбільш

масивних зірок і мають гравітаційне поле, настільки сильне, що навіть світло не може його покинути.

Взаємодія галактик:

Галактики не ізольовані об'єкти; вони часто взаємодіють одна з одною через гравітаційні сили. Ці взаємодії можуть призвести до злиття галактик, що утворює нові форми і структури [5]. Приклади таких взаємодій можна спостерігати у різних частинах Всесвіту, і вони є важливими для розуміння еволюції галактик. Наприклад, наша галактика Чумацький Шлях у майбутньому зіткнеться з галактикою Андромеди.

Активні галактики та квазари:

Деякі галактики мають надмасивні чорні діри в своїх центрах, які активно поглинають матерію. Цей процес виділяє величезну кількість енергії, що робить ядра таких галактик надзвичайно яскравими. Ці галактики відомі як активні галактики, а найбільш яскраві з них називаються квазарами. Квазари можуть випромінювати більше енергії, ніж усі зірки в їх галактиках разом узяті.

Космічні місії та спостереження:

Для вивчення космічних структур науковці використовують різні космічні місії та спостереження. Телескопи, такі як Хаббл, Джеймс Вебб, та інші, дозволяють нам отримувати зображення далеких галактик, зірок і планетарних систем [4]. Космічні місії, такі як Вояджер та Кеплер, надають дані про віддалені області нашої галактики та позасонячні планети. Ці місії розширюють наше розуміння Всесвіту та дозволяють більш детально вивчати його структури.

Астрономічні методи дослідження:

Астрономи використовують різні методи для вивчення космічних об'єктів. Фотометрія дозволяє вимірювати яскравість об'єктів, а спектроскопія - аналізувати їх світло для визначення хімічного складу, температури та швидкості руху. Радіоастрономія використовує радіохвилі для дослідження холодних та далеких об'єктів, таких як молекулярні хмари та пульсари. Ці

методи допомагають отримувати детальну інформацію про космічні структури та процеси, що в них відбуваються.

Навчальні інструменти та ресурси :

Інтерактивні 3D моделі та симуляції є ефективними інструментами для навчання астрономії. Вони дозволяють учням віртуально подорожувати по Всесвіту, досліджуючи різні космічні об'єкти та їх взаємодії. Інтернет-ресурси, такі як Google Sky [22], NASA's Eyes [25], та інші, надають доступ до величезної кількості даних та зображень, що робить процес навчання більш інтерактивним та захопливим.

Отже, ієрархія та різноманіття космічних структур створюють складну і захоплюючу картину Всесвіту. Розуміння цих структур є ключовим для вивчення астрономії та космології. Використання інтерактивних 3D моделей та сучасних технологій у навчальному процесі дозволяє значно покращити сприйняття та засвоєння матеріалу, роблячи його більш доступним і цікавим для учнів. Це, в свою чергу, сприяє розвитку їхнього інтересу до науки та технологій, а також формуванню фундаментальних знань про наш Всесвіт.

1.2. Проблеми сприйняття космічних масштабів учнями

Вивчення астрономії в школах стикається з низкою викликів, пов'язаних із сприйняттям космічних масштабів. Космос є величезним і абстрактним, що робить його важким для розуміння, особливо для молодших учнів. Ці проблеми виникають через кілька факторів:

1. Абстрактність і масштабність [6]:

Космічні відстані, розміри об'єктів та їх маси настільки великі, що вони виходять за межі повсякденного досвіду учнів. Наприклад, відстань від Землі до Сонця становить приблизно 150 мільйонів кілометрів, а відстань до найближчої зірки, Проксими Центавра, - близько 4,24 світлових роки. Такий масштаб важко уявити, і без належних наочних матеріалів це може призвести до втрати інтересу до предмету.

2. Недостатня наочність [7]:

Традиційні методи навчання, такі як підручники і двовимірні ілюстрації, часто не можуть ефективно передати складність і велич космічних структур. Двовимірні зображення не здатні повністю відобразити тривимірну природу космічних об'єктів та їх взаємодій, що ускладнює розуміння просторових відносин між ними.

3. Відсутність інтерактивності [6]:

Сучасні учні звикли до інтерактивних технологій і візуально насиченого контенту. Використання статичних зображень і текстів не відповідає їхнім очікуванням і може призводити до низького рівня залученості та мотивації до вивчення астрономії. Інтерактивні методи, навпаки, можуть зробити навчання більш захоплюючим і зрозумілим.

4. Обмеженість навчальних ресурсів:

Не всі школи мають доступ до сучасних навчальних матеріалів і технологій, таких як інтерактивні 3D моделі або віртуальні планетарії. Це обмежує можливості вчителів ефективно пояснювати космічні масштаби і структури.

5. Складність математичних розрахунків [7]:

Багато аспектів астрономії вимагають розуміння складних математичних концепцій і розрахунків, таких як закони Кеплера або обчислення відстаней за допомогою паралаксу. Ці математичні аспекти можуть бути складними для учнів, що ускладнює їх розуміння космічних явищ.

6. Обмежена кількість часу на навчання:

Шкільна програма часто обмежує час, який можна витратити на вивчення астрономії. Це призводить до поверхневого ознайомлення з темою без глибокого розуміння і засвоєння матеріалу. Учні не завжди мають можливість детально вивчати космічні масштаби і структури, що знижує їхню зацікавленість і знання в цій галузі.

Стратегії для подолання проблем сприйняття космічних масштабів [8]:

1. Використання інтерактивних 3D моделей:

Інтерактивні 3D моделі дозволяють учням візуалізувати космічні об'єкти у їх реальних розмірах і масштабах. Це значно покращує сприйняття і розуміння космічних масштабів. Вони можуть обертати, збільшувати і досліджувати об'єкти, що робить процес навчання більш інтерактивним і захоплюючим.

2. Використання анімацій і симуляцій:

Анімації та комп'ютерні симуляції можуть демонструвати динамічні процеси у космосі, такі як рух планет навколо зірок, зіткнення галактик або еволюція зірок. Це допомагає учням краще зрозуміти складні явища і взаємодії у Всесвіті.

3. Віртуальні екскурсії та планетарії:

Віртуальні планетарії та програми для віртуальних екскурсій дозволяють учням досліджувати космос у реальному часі. Вони можуть "подорожувати" по Сонячній системі, вивчати поверхні планет і супутників, а також відвідувати віддалені галактики.

4. Використання аналогій і масштабних моделей:

Аналогії та масштабні моделі можуть допомогти учням краще зрозуміти великі відстані і розміри космічних об'єктів [8]. Наприклад, порівняння Сонця і Землі з м'ячами різного розміру або використання метафор для пояснення відстаней між зірками.

5. Інтеграція астрономії з іншими предметами:

Інтеграція астрономії з такими предметами, як фізика, математика і географія, може допомогти учням краще зрозуміти космічні масштаби і процеси. Це також сприяє міждисциплінарному підходу до навчання.

6. Культурні та історичні аспекти:

Космічні об'єкти і явища часто мають культурне та історичне значення, яке може допомогти учням краще зрозуміти і оцінити масштаб космосу. Наприклад, давні цивілізації використовували астрономічні знання для навігації, календарів та релігійних обрядів [9]. Вивчення цих аспектів може

допомогти учням з'єднати абстрактні концепції з реальним світом і зрозуміти, як астрономія вплинула на розвиток людства.

7. Використання реальних даних та спостережень:

Реальні астрономічні спостереження та дані можуть зробити навчання більш автентичним і цікавим. Вчителі можуть використовувати зображення та дані від космічних телескопів, таких як Хаббл чи Джеймс Вебб, для ілюстрації астрономічних явищ та об'єктів. Це дозволяє учням побачити реальні приклади того, що вони вивчають, і зрозуміти важливість астрономічних досліджень [9].

8. Інтерактивні лабораторії та проекти:

Створення інтерактивних лабораторій та проектів дозволяє учням активно залучатись до процесу навчання. Вони можуть створювати свої власні моделі Сонячної системи, проводити симуляції руху планет або аналізувати астрономічні дані. Такі проекти не тільки покращують розуміння матеріалу, але й розвивають дослідницькі та аналітичні навички.

9. Співпраця з науковими установами:

Співпраця з науковими установами, такими як обсерваторії, планетарії або університети, може надати учням унікальні можливості для навчання. Вони можуть брати участь у наукових дослідженнях, відвідувати лекції та семінари, проводити спостереження за допомогою професійного обладнання. Це допомагає їм отримати практичні знання та досвід, а також зрозуміти, як проводяться астрономічні дослідження.

10. Використання ігрових технологій:

Ігрові технології можуть зробити процес вивчення астрономії більш захоплюючим і мотивуючим. Освітні ігри та симуляції дозволяють учням вивчати космічні явища в ігровій формі, що сприяє кращому засвоєнню інформації. Наприклад, вони можуть керувати віртуальними космічними апаратами, досліджувати планети та зоряні системи, вирішувати астрономічні головоломки.

11. Підвищення кваліфікації вчителів:

Для ефективного викладання астрономії вчителям необхідно постійно підвищувати свою кваліфікацію та знання в цій галузі. Вони повинні бути в курсі останніх наукових досягнень, нових методів навчання та технологій. Це можна досягти через участь у семінарах, конференціях, курсах підвищення кваліфікації та співпраці з науковими установами [10].

12. Невизначеність та абстрактність понять:

Космос містить багато абстрактних та складних для розуміння понять, таких як темна матерія, темна енергія, чорні діри та кривина простору-часу. Для учнів, особливо молодших, ці поняття можуть здаватися надто абстрактними та складними для розуміння. Традиційні методи навчання часто не надають достатніх інструментів для візуалізації та пояснення цих явищ, що може призводити до непорозумінь та втрати інтересу.

Рішення для покращення сприйняття космічних масштабів:

1. Використання віртуальної та доповненої реальності:

Технології віртуальної (VR) та доповненої реальності (AR) можуть значно покращити сприйняття космічних масштабів. За допомогою VR-окулярів учні можуть "подорожувати" по Всесвіту, відвідувати планети, зорі, галактики та навіть чорні діри. AR-додатки дозволяють інтегрувати тривимірні моделі космічних об'єктів у реальний світ, що робить навчання більш захоплюючим та інтерактивним [10].

2. Інтеграція мистецтва та наукової фантастики:

Використання мистецтва та наукової фантастики може допомогти зробити абстрактні поняття більш зрозумілими та цікавими. Фільми, книги та художні роботи про космос можуть надихати учнів та допомагати їм уявити складні космічні явища. Наприклад, фільми такі як "Інтерстеллар" або "Космічна Одісея" можуть використовуватися як навчальні матеріали для пояснення понять, пов'язаних з космосом.

3. Розробка інтерактивних онлайн-курсів:

Онлайн-курси з інтерактивними модулями, відео-лекціями, тестами та проектами можуть забезпечити учням доступ до якісних матеріалів і

допомогти їм вивчати астрономію у зручному темпі. Такі курси можуть також включати форуми та чати для обговорення, що сприяє кращому розумінню матеріалу.

Приклади успішного використання інтерактивних методів: проект "Galaxy Zoo" та програма "Universe Sandbox".

"Galaxy Zoo" [21] - це науковий проект, що залучає громадськість до класифікації галактик на основі їхніх зображень. Учні можуть брати участь у реальних наукових дослідженнях, аналізуючи зображення галактик, отримані від телескопів. Це дозволяє їм відчувати себе частиною наукового співтовариства і отримати практичні знання з астрономії.

Програма "Universe Sandbox":

"Universe Sandbox" [28] - це інтерактивна симуляція, яка дозволяє користувачам моделювати різні космічні явища, такі як зіткнення галактик, формування планетарних систем, еволюція зірок. Використання цієї програми у навчанні дозволяє учням експериментувати з різними сценаріями і наочно побачити результати своїх дій.

Віртуальні екскурсії з NASA:

NASA надає доступ до віртуальних екскурсій, де учні можуть досліджувати космічні місії, відвідувати поверхні планет і супутників, спостерігати за космічними явищами у реальному часі. Ці ресурси надають захопливий і інформативний досвід, який допомагає учням краще зрозуміти масштаби і структури космосу.

4. Залучення учнів до реальних досліджень:

Участь у наукових проектах та програмах, таких як Citizen Science, може надати учням можливість брати участь у реальних астрономічних дослідженнях. Наприклад, проекти з класифікації галактик або вивчення змінних зір можуть допомогти їм відчувати себе частиною наукового співтовариства та краще зрозуміти значення своїх знань.

5. Використання проектного навчання:

Проектне навчання дозволяє учням активно залучатися до процесу навчання, виконуючи реальні проекти з астрономії. Це можуть бути моделі Сонячної системи, симуляції космічних місій, дослідження екзопланет або аналіз астрономічних даних [12]. Такий підхід допомагає учням розвивати практичні навички та краще засвоювати матеріал.

Отже, проблеми сприйняття космічних масштабів учнями є складними, але подолання цих проблем можливе за допомогою сучасних технологій, інтерактивних методів навчання та креативних підходів. Використання VR і AR, інтеграція мистецтва і наукової фантастики, розробка онлайн-курсів та залучення учнів до реальних досліджень можуть значно покращити їхнє розуміння та інтерес до астрономії [12]. Важливо створювати навчальне середовище, яке сприяє активній участі, обговоренню та співпраці, що допоможе учням краще засвоювати знання про космос та розвивати критичне мислення та дослідницькі навички.

1.3. Ефективність використання 3D візуалізації у навчанні астрономії

Сучасна освіта активно використовує різні технологічні інновації для покращення навчального процесу, і 3D візуалізація є однією з найбільш перспективних методик у викладанні астрономії. Вона дозволяє створювати інтерактивні та наочні моделі космічних об'єктів, які значно полегшують розуміння складних концепцій і сприяють глибшому засвоєнню матеріалу. У цьому розділі розглянемо переваги та ефективність використання 3D візуалізації у навчанні астрономії.

1. Візуалізація складних космічних явищ:

Астрономія охоплює широке коло складних і часто абстрактних понять, таких як форма та структура галактик, динаміка руху планет, процеси, що відбуваються всередині зірок, та взаємодія різних космічних об'єктів. 3D візуалізація дозволяє учням побачити ці явища наочно, що значно полегшує їх

розуміння [14]. Наприклад, за допомогою 3D моделей можна продемонструвати еволюцію зірки від народження до смерті, що є важким для розуміння при використанні лише текстових або двовимірних зображень.

2. Інтерактивність та залучення учнів:

Інтерактивні 3D моделі дозволяють учням активно взаємодіяти з навчальним матеріалом. Вони можуть обертати, масштабувати та досліджувати об'єкти з різних кутів, що сприяє глибшому розумінню та засвоєнню інформації. Така активна участь у навчальному процесі підвищує рівень зацікавленості та мотивації учнів, роблячи уроки астрономії більш захоплюючими та ефективними.

3. Реалістичність та точність:

3D моделі можуть бути дуже реалістичними та точно відтворювати справжні космічні об'єкти і явища. Використання високоякісних візуалізацій на основі реальних даних, отриманих від телескопів та космічних місій, дозволяє учням отримати достовірні знання про Всесвіт [11]. Це не лише покращує якість навчання, але й формує у них правильне уявлення про космос та науковий підхід до його вивчення.

4. Можливість моделювання та симуляції:

3D візуалізація дозволяє створювати моделі і симуляції, які імітують реальні процеси та події у космосі. Це дає можливість учням експериментувати та досліджувати різні сценарії, що є неможливим у реальних умовах. Наприклад, вони можуть моделювати зіткнення галактик, еволюцію зоряних систем, рух комет та астероїдів, що допомагає краще зрозуміти закони фізики та динаміки космічних об'єктів.

5. Підтримка інклюзивної освіти:

3D візуалізація може бути особливо корисною для учнів з різними навчальними потребами. Вона дозволяє адаптувати навчальний матеріал під індивідуальні потреби кожного учня, надаючи можливість вивчати астрономію у своєму темпі та стилі [14]. Інтерактивні та візуальні методи

можуть бути більш ефективними для учнів з дислексією, СДУГ та іншими особливими освітніми потребами.

6. Розширення меж класної кімнати:

Завдяки 3D візуалізації учні можуть "подорожувати" по Всесвіту, не виходячи з класу. Віртуальні тури по Сонячній системі, подорожі до далеких галактик або спостереження за космічними явищами у реальному часі роблять уроки астрономії більш захоплюючими і наочними. Це також сприяє розвитку уяви та критичного мислення у учнів.

Приклади успішного використання 3D візуалізації у навчанні астрономії:

1. Проект "Celestia":

"Celestia" [23] - це безкоштовне програмне забезпечення для тривимірної візуалізації космічних об'єктів та явищ. Воно дозволяє користувачам досліджувати Всесвіт у реальному часі, подорожуючи між планетами, зорями та галактиками. Використання цього інструменту у навчанні допомагає учням краще зрозуміти структуру та масштаби Всесвіту.

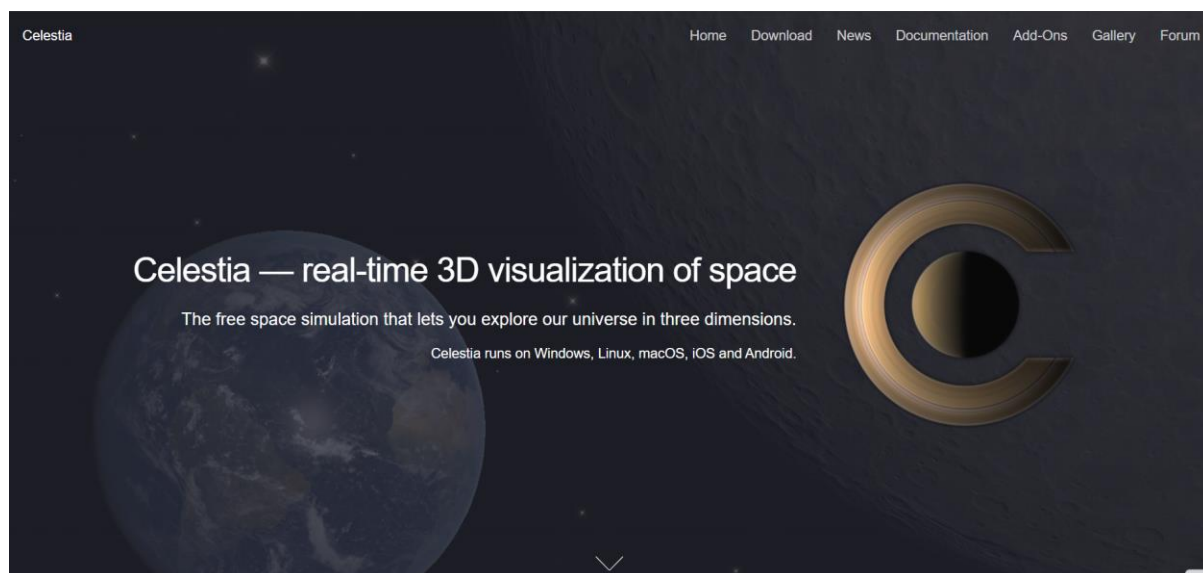


Рис. 1.3.1. Головна сторінка проекту "Celestia".

2. Віртуальний планетарій "Stellarium" [27]:

"Stellarium" - це програма, яка перетворює комп'ютер на віртуальний планетарій. Вона показує реалістичне небо у тривимірному вигляді, дозволяючи користувачам спостерігати за зірками, планетами та іншими небесними об'єктами. Використання "Stellarium" у класі дозволяє учням навчатися орієнтуватися у нічному небі та розуміти астрономічні явища.



Рис. 1.3.2. Головна сторінка проекту "Stellarium"

3. Онлайн-ресурс "Google Sky":

"Google Sky" [22] - це інтерактивний онлайн-інструмент, який дозволяє користувачам досліджувати космос за допомогою зображень, отриманих від різних телескопів та космічних місій. Учні можуть переглядати зображення галактик, туманностей, зірок та інших космічних об'єктів, що робить вивчення астрономії більш захоплюючим та наочним.

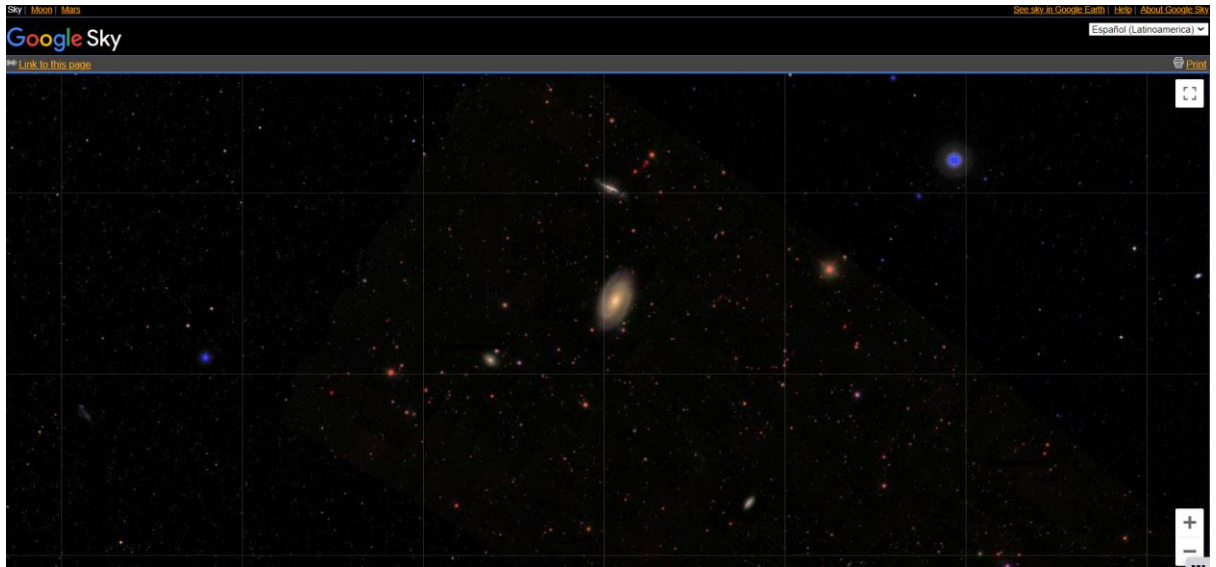


Рис. 1.3.3. "Google Sky"

Отже, використання 3D візуалізації у навчанні астрономії має безліч переваг, включаючи покращення розуміння складних концепцій, підвищення зацікавленості та мотивації учнів, а також забезпечення реалістичності та точності навчальних матеріалів. Інтерактивні 3D моделі та симуляції дозволяють учням експериментувати та досліджувати космічні явища у безпечному та захоплюючому середовищі. Це робить навчання астрономії більш ефективним та доступним для всіх учнів, незалежно від їхніх індивідуальних потреб та можливостей.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ 3D ВЕБ-ЗАСТОСУНКІВ ДЛЯ ОСВІТИ

2.1. Blender як інструмент для 3D моделювання космічних об'єктів

Blender є одним із найпопулярніших і найпотужніших інструментів для 3D моделювання, анімації та рендерингу [20]. Це безкоштовна та відкрита програма, яка широко використовується у багатьох галузях, включаючи астрономію, для створення високоякісних тривимірних моделей та симуляцій. У цьому підрозділі розглянемо основні можливості Blender та його застосування у створенні 3D моделей космічних об'єктів для освітніх цілей.

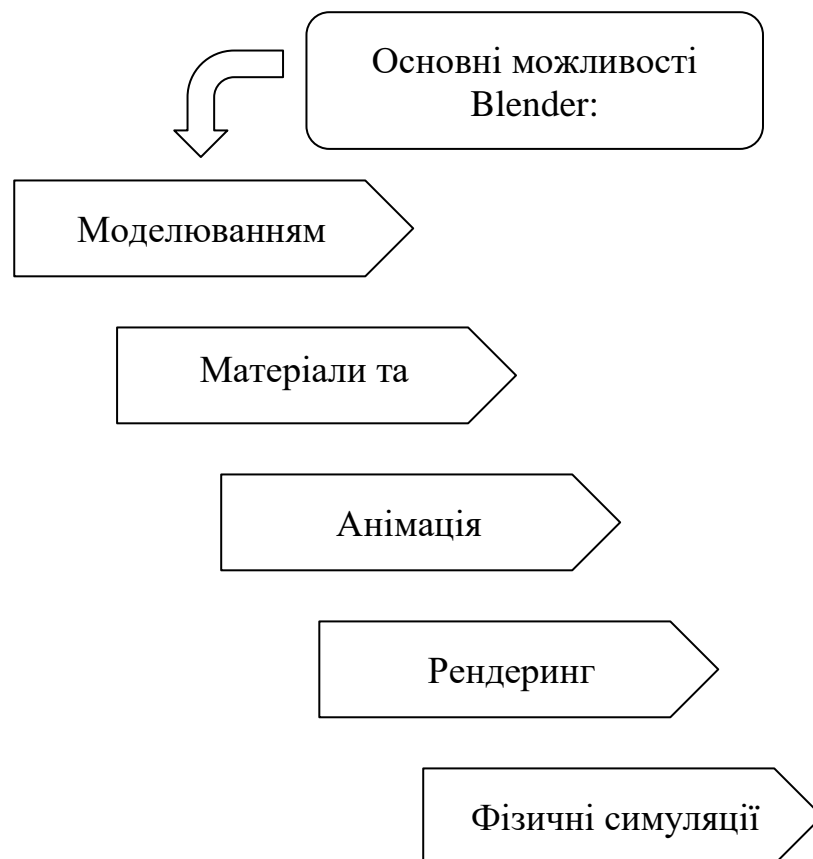


Рис. 2.1.1. Основні можливості Blender

Моделювання:

Blender надає широкий спектр інструментів для створення та редагування тривимірних моделей [5]. Користувачі можуть створювати складні геометричні форми, використовуючи різні техніки моделювання, такі як полігональне, NURBS, скульптинг та інші. Це дозволяє створювати детальні та реалістичні моделі космічних об'єктів, таких як планети, зірки, галактики, астероїди тощо.

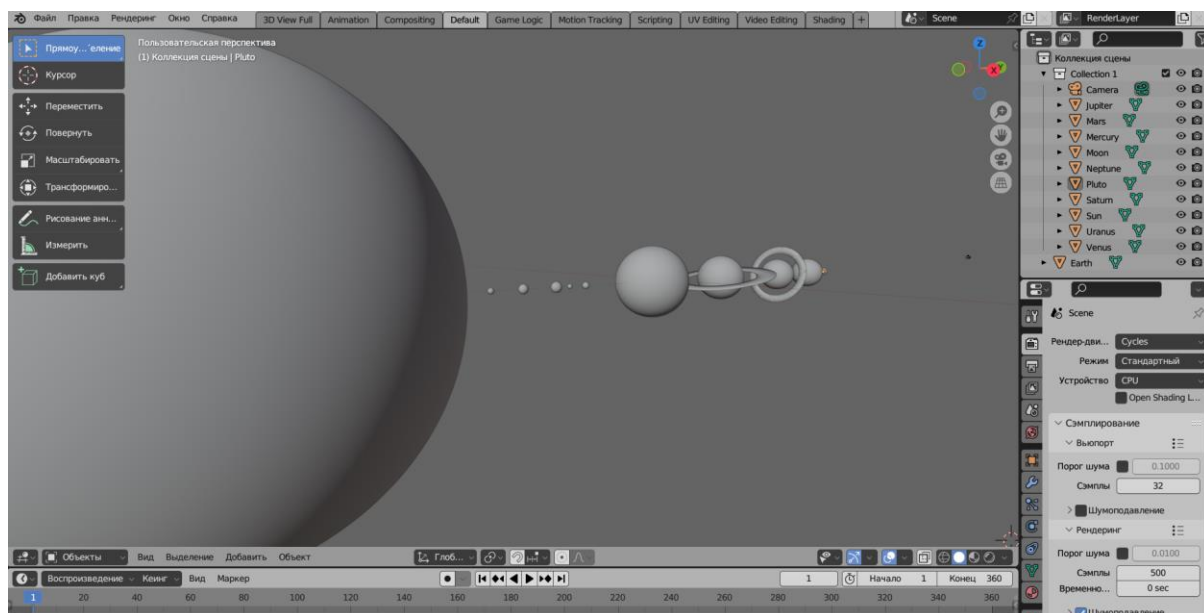


Рис. 2.1.1. Вікно з інструментами для моделювання.

Матеріали та текстури:

Blender підтримує потужну систему створення матеріалів та текстур. Користувачі можуть застосовувати різноманітні шейдери та текстури до своїх моделей, що дозволяє досягати високого рівня реалістичності [4]. Наприклад, можна створювати текстури поверхні планет, використовуючи реальні знімки з космічних місій, або моделювати відблиски та тіні для зірок.

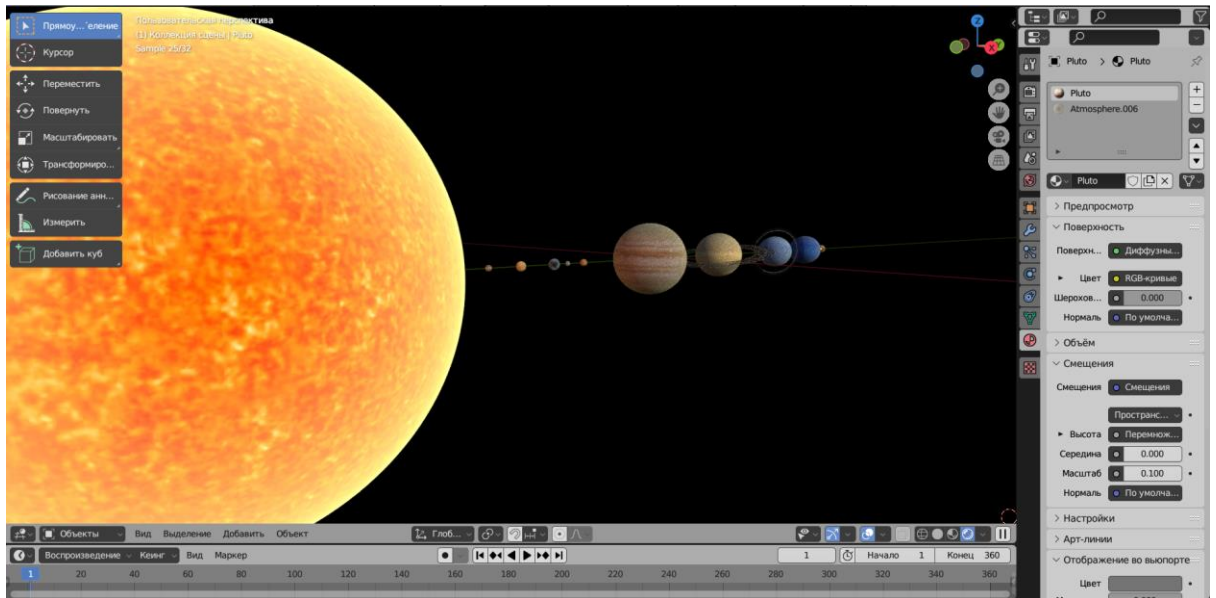


Рис. 2.1.2. Приклад застосування матеріалів.

Анімація:

Blender має потужний набір інструментів для анімації, що дозволяє створювати динамічні моделі космічних об'єктів. Анімація може включати обертання планет навколо зірок, рух комет та астероїдів, симуляції гравітаційних взаємодій та багато іншого. Це допомагає створювати інтерактивні та навчальні сценарії для вивчення астрономічних явищ.

Рендеринг:

Blender включає декілька потужних рендеринг-движків, таких як Cycles та Eevee, які дозволяють отримувати високоякісні зображення та відео [4]. Cycles забезпечує фотореалістичний рендеринг, використовуючи фізично коректне освітлення, що особливо корисно для створення реалістичних візуалізацій космічних об'єктів.

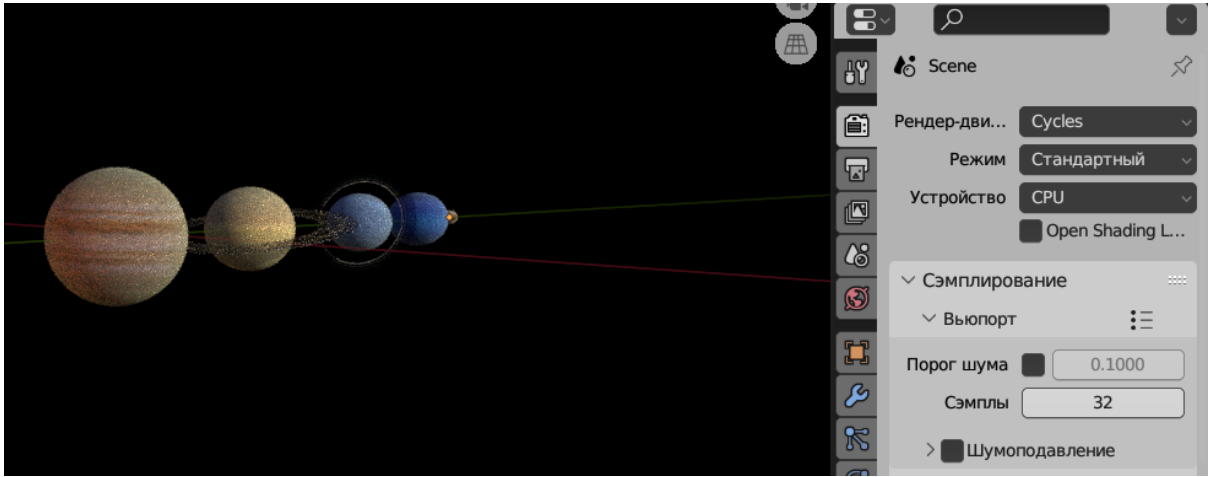


Рис. 2.1.3. Відображення рендеринг-движка Cycles на прикладі планет.

Фізичні симуляції:

Blender підтримує різні види фізичних симуляцій, включаючи динаміку рідин, частинок, твердих тіл та тканин [13]. Це дозволяє моделювати такі явища, як утворення зоряних систем, зіткнення галактик або поширення ударних хвиль у космосі.

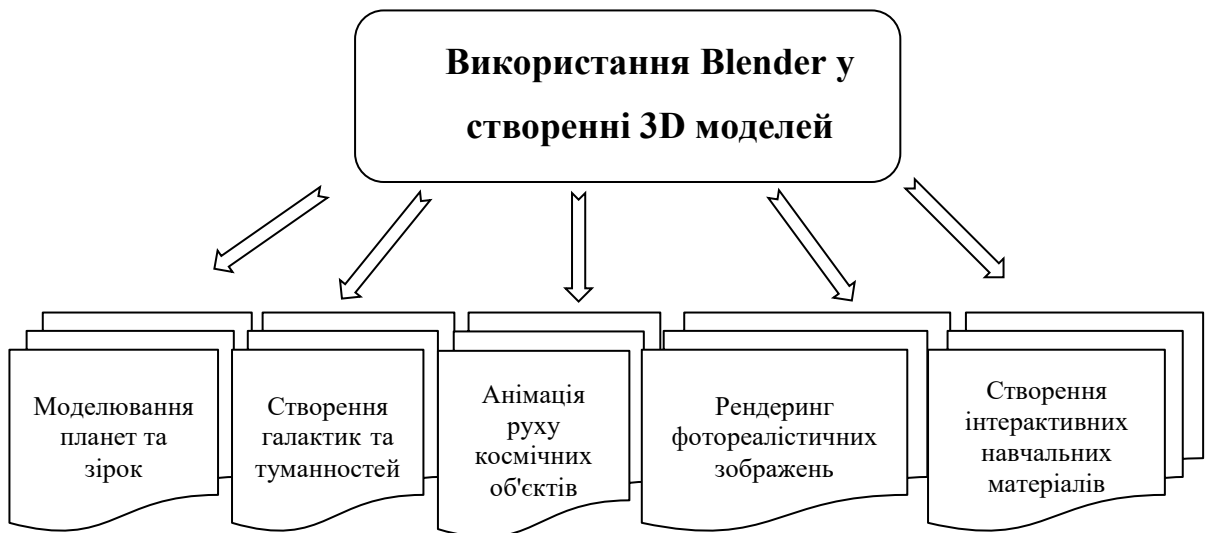


Рис. 2.1.2. Використання Blender у створенні 3D моделей космічних об'єктів

Моделювання планет та зірок:

Blender дозволяє створювати детальні моделі планет та зірок. Для планет можна використовувати реальні текстури поверхні, отримані з космічних місій, такі як Mars Reconnaissance Orbiter або Lunar Reconnaissance Orbiter. Зірки можна моделювати з використанням процедурних текстур, щоб передати їхню структуру та світіння [12].

Створення галактик та туманностей:

Blender надає інструменти для створення складних космічних структур, таких як галактики та туманності. За допомогою частинкових систем та процедурних текстур можна створювати реалістичні моделі спіральних, еліптичних та неправильних галактик, а також туманностей різних типів.

Анімація руху космічних об'єктів:

Завдяки потужним інструментам анімації, Blender дозволяє моделювати рух космічних об'єктів [15]. Наприклад, можна створити анімацію обертання планет навколо зірок, рух комет у Сонячній системі або симуляцію зіткнення галактик. Це допомагає наочно демонструвати динамічні процеси у космосі.

Рендеринг фотореалістичних зображень:

Використовуючи рендеринг-движки Cycles та Eevee, можна отримувати високоякісні фотореалістичні зображення космічних об'єктів. Cycles дозволяє використовувати фізично коректне освітлення та матеріали, що забезпечує реалістичне відображення космічних явищ, таких як відблиски, тіні та розсіювання світла.

Створення інтерактивних навчальних матеріалів:

Blender дозволяє створювати інтерактивні навчальні матеріали, які можуть бути використані у класах або для самостійного вивчення. Це можуть бути анімації, віртуальні тури по Сонячній системі, інтерактивні моделі космічних об'єктів, які можна досліджувати з різних кутів, або симуляції космічних явищ, з якими учні можуть взаємодіяти.

3. Переваги використання Blender у навчанні астрономії:

Безкоштовність та доступність:

Blender є безкоштовним програмним забезпеченням з відкритим кодом, що робить його доступним для широкого кола користувачів. Це особливо важливо для освітніх установ, які можуть мати обмежений бюджет на програмне забезпечення.

Велика спільнота та ресурси [20]:

Blender має велику та активну спільноту користувачів, яка створює численні навчальні матеріали, підручники та приклади. Це полегшує навчання роботі з програмою та дозволяє швидко освоїти її можливості.

Інтеграція з іншими інструментами:

Blender підтримує імпорт та експорт файлів у різних форматах, що дозволяє інтегрувати його з іншими програмними продуктами для створення комплексних навчальних матеріалів. Наприклад, 3D моделі, створені у Blender, можна використовувати у веб-додатках за допомогою Three.js або інших бібліотек.

4. Практичні приклади використання Blender у навчанні астрономії:

Модель Сонячної системи:

Одним із класичних прикладів є створення моделі Сонячної системи. У Blender можна створити реалістичні моделі планет, встановити їх на орбіти навколо Сонця та анімувати їхнє обертання [13]. Це дозволяє учням наочно бачити, як рухаються планети та взаємодіють між собою.

Візуалізація зоряних кластерів:

Використовуючи частинкові системи, можна створити моделі зоряних кластерів. Це дозволяє демонструвати структуру та динаміку таких кластерів, а також вивчати їхні характеристики, такі як розміри, щільність та форма.

Симуляція гравітаційних взаємодій:

Blender дозволяє моделювати гравітаційні взаємодії між космічними об'єктами. Наприклад, можна створити симуляцію зіткнення галактик, показуючи, як змінюються їхні форми та структури під впливом гравітаційних сил.

Віртуальні тури по Всесвіту:

Blender можна використовувати для створення віртуальних турів по Всесвіту, де учні можуть "подорожувати" між різними космічними об'єктами, досліджувати їхні особливості та вивчати різноманітні космічні явища. Це дозволяє зробити навчання більш захоплюючим та інтерактивним [15].

Отже, Blender є потужним та універсальним інструментом для створення 3D моделей та анімацій космічних об'єктів, що робить його незамінним для навчання астрономії. Завдяки широкому спектру інструментів для моделювання, анімації та рендерингу, а також можливості інтерактивної взаємодії, Blender дозволяє створювати реалістичні та захоплюючі навчальні матеріали. Використання Blender у навчальному процесі сприяє глибшому розумінню складних космічних явищ, підвищує зацікавленість учнів та робить навчання більш ефективним та доступним для всіх.

2.2. Three.js для веб-візуалізації 3D моделей

Three.js - це потужна та популярна JavaScript-бібліотека, яка дозволяє створювати 3D графіку для веб-додатків, використовуючи WebGL [26]. Вона забезпечує зручний інтерфейс для роботи з тривимірними об'єктами, сценою, камерами, світлом та матеріалами, що робить її ідеальним інструментом для візуалізації космічних об'єктів у веб-браузері. У цьому підрозділі розглянемо основні можливості Three.js та його застосування для створення інтерактивних 3D веб-додатків у сфері освіти.

1. Основні можливості Three.js [26]:

Сцена та камери:

Three.js дозволяє створювати та керувати 3D сценою, яка містить усі об'єкти, світло та камери. Камери визначають точку зору на сцену та забезпечують можливість руху та орієнтації в просторі. Існує декілька типів камер, включаючи перспективні та ортографічні, які можна використовувати залежно від потреби.

Об'єкти та геометрія:

Three.js надає широкий набір базових геометрій, таких як куби, сфери, циліндри та інші, які можна використовувати для створення тривимірних об'єктів. Крім того, можна імпортувати складніші моделі, створені у Blender чи інших 3D редакторах, використовуючи формати файлів, такі як OBJ, FBX або GLTF [26].

Матеріали та шейдери:

Three.js підтримує різні типи матеріалів та шейдерів, що дозволяє створювати реалістичні поверхні для об'єктів. Матеріали можуть включати текстури, карти нормалей, карти оточення та інші параметри, які допомагають досягти бажаного рівня реалістичності.

Освітлення:

Three.js надає різні типи світлових джерел, такі як точкові, направлені, площинні та навколишні джерела світла. Це дозволяє створювати реалістичне освітлення для сцен, підкреслюючи форми та текстури об'єктів, а також створюючи тіні та відблиски.

Анімація та інтерактивність:

Three.js має потужні засоби для створення анімацій та інтерактивних елементів. Можна анімувати положення, обертання, масштабування об'єктів, а також створювати складні анімації з використанням ключових кадрів. Інтерактивні елементи дозволяють користувачам взаємодіяти зі сценою, змінювати вигляд, натискати на об'єкти та виконувати різні дії.

2. Використання Three.js для створення інтерактивних 3D моделей космічних об'єктів [26]:

Створення сцени та камери:

Першим кроком у створенні 3D візуалізації є налаштування сцени та камери. Сцена може містити всі об'єкти, а камера визначатиме точку зору. Для візуалізації космічних об'єктів найчастіше використовується перспективна камера, яка забезпечує реалістичне зображення простору.

```
```javascript
```

```
scene = new THREE.Scene()
 camera = new THREE.PerspectiveCamera(50,
width/height, 1, 1000)
 camera.position.set(0, 1, -3)
 camera.lookAt(new THREE.Vector3())
 ...
```

Налаштування рендера [26]:

Three.js використовує WebGLRenderer для візуалізації сцени у веб-браузері. Потрібно налаштувати рендерер та додати його до HTML-документа.

```
```javascript
function start(gl, width, height) {
    renderer = new THREE.WebGLRenderer({
        canvas: gl.canvas
    })
    renderer.setClearColor(0x000000, 1.0)
    ...
```

Створення та додавання об'єктів:

Наступним кроком є створення об'єктів для сцени. Наприклад, можна створити сферу, яка буде представляти планету.

```
```javascript
var geo = new THREE.BoxGeometry(1,1,1)
 var mat = new THREE.MeshBasicMaterial({
wireframe: true, color: 0xffffffff })
 var box = new THREE.Mesh(geo, mat)
 scene.add(box)
 ...
```

Додавання текстур та матеріалів:

Для створення більш реалістичного вигляду можна використовувати текстури та різні матеріали. Наприклад, можна застосувати текстуру поверхні планети.

```
```javascript
var texture = new THREE.TextureLoader().load(src);
    texture.wrapS = THREE.ClampToEdgeWrapping;
    texture.wrapT = THREE.ClampToEdgeWrapping;

var geo = new THREE.BoxGeometry(1,1,1)
    var mat = new THREE.MeshBasicMaterial({
wireframe: true, color: 0xffffff })
    var box = new THREE.Mesh(geo, mat)
    scene.add(box)
```
```

#### Анімація об'єктів:

Для створення анімації необхідно оновлювати положення або інші параметри об'єктів у функції анімації.

```
```javascript
window.requestAnimationFrame = function(callback) {
    var now = Date.now();
    var nextTime = Math.max(lastTime + 16, now);
    return setTimeout(function() {
callback(lastTime = nextTime); },
        nextTime - now);
```
```

#### Інтерактивність:

Three.js дозволяє додавати інтерактивні елементи, такі як обертання камери при натисканні миші або зміна параметрів об'єктів при взаємодії.

```
````javascript
    document.addEventListener('solarsystem.build.start'
, logStart);

document.addEventListener('solarsystem.build.end',
logEnd);

document.addEventListener('solarsystem.build.object.com
plete', logObjectComplete);
````
```

### 3. Практичні приклади використання Three.js у навчанні астрономії:

#### Інтерактивна модель Сонячної системи:

За допомогою Three.js можна створити інтерактивну модель Сонячної системи, де користувачі можуть досліджувати орбіти планет, змінювати їх положення та дізнаватися інформацію про кожен об'єкт.

#### Віртуальні тури по галактиках [16]:

Three.js дозволяє створювати віртуальні тури по галактиках, де учні можуть "подорожувати" між зірками, вивчати структури галактик та дізнаватися про різні типи зіркових систем.

#### Візуалізація зіркових кластерів та туманностей:

Three.js можна використовувати для створення візуалізацій зіркових кластерів та туманностей, що дозволяє учням досліджувати ці об'єкти у тривимірному просторі та отримувати більш глибоке розуміння їхньої структури та характеристик [16].

Three.js є потужним інструментом для створення інтерактивних 3D візуалізацій у веб-браузерах, що робить його ідеальним для освітніх проєктів у сфері астрономії. Використання Three.js дозволяє створювати реалістичні моделі космічних об'єктів, анімації та інтерактивні елементи, що значно покращує розуміння складних космічних явищ та підвищує зацікавленість

учнів у вивченні астрономії. Інтерактивні веб-додатки, створені за допомогою Three.js, забезпечують доступ до якісних навчальних ресурсів, роблять навчання більш захоплюючим та ефективним.



## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА ТА ОЦІНКА ВЕБ-ЗАСТОСУНКУ "MILKY WAY GALAXY"

#### 3.1. Концепція та реалізація проекту

Концепція проекту "Milky Way Galaxy":

Проект "Milky Way Galaxy" спрямований на створення інтерактивного веб-застосунку для навчання астрономії у школах. Головна мета проекту - надати учням можливість досліджувати структуру та масштаби Чумацького Шляху, використовуючи сучасні технології 3D візуалізації. Застосунок побудований на основі бібліотеки Three.js для відображення тривимірних моделей космічних об'єктів та забезпечення інтерактивності.

Цільова аудиторія

Проект орієнтований на учнів середніх та старших класів, а також на вчителів, які викладають астрономію [17]. Він може використовуватися як доповнення до традиційних навчальних матеріалів, допомагаючи візуалізувати складні концепції та явища.

Основні функції

- Інтерактивна карта Чумацького Шляху: учні можуть взаємодіяти з картою, збільшувати та зменшувати масштаб, досліджувати різні зони галактики та отримувати інформацію про ключові об'єкти, планетарні системи та їх супутники, туманності та зоряні скупчення [17].

- 3D моделі космічних об'єктів: детальні тривимірні моделі різних космічних об'єктів, які можна обертати та вивчати з різних кутів.

- Анімації космічних явищ: анімовані симуляції різних процесів, таких як рух об'єктів по орбітах.

- Інтерактивна інформація: інтерактивні інформації про самі планети та їх супутники.

Технології та інструменти

- Three.js: основна бібліотека для створення 3D графіки та інтерактивності.
- Blender: інструмент для створення 3D моделей космічних об'єктів.
- JavaScript: основні веб-технології для розробки інтерфейсу користувача та функціональності застосунку.
- WebGL: технологія для рендерингу 3D графіки у веб-браузерах.

Реалізація проекту: планування та дизайн.

На першому етапі необхідно створити детальний план проекту, включаючи вимоги до функціональності, дизайн інтерфейсу користувача та архітектуру системи [19]. Важливо визначити, які 3D моделі та анімації будуть створені, а також які інтерактивні елементи будуть реалізовані. Це включає:

- Визначення цілей та завдань: чітке формулювання цілей проекту та завдань, які необхідно вирішити.
- Створення прототипу інтерфейсу: розробка макетів та прототипів користувацького інтерфейсу, щоб визначити, як будуть виглядати та працювати основні елементи застосунку.
- Планування етапів розробки: розбиття проекту на етапи та визначення термінів виконання кожного етапу.

Створення 3D моделей

Використовуючи Blender, створюються 3D моделі основних космічних об'єктів, таких як планетарні системи та їх супутники, туманності та зоряні скупчення [18]. Моделі повинні бути детальними та реалістичними, щоб забезпечити максимально правдоподібне відображення космічних об'єктів. Процес створення моделей включає:

- Моделювання: створення базової геометрії об'єктів.
- Текстурування: додавання текстур для реалістичності об'єктів.
- Анімація: додавання анімаційних елементів для відображення динамічних процесів (наприклад, обертання планет).

Розробка веб-застосунку

Основний етап включає розробку веб-застосунку за допомогою Three.js та інших веб-технологій. Спочатку створюється базова сцена з камерою та освітленням, потім додаються 3D моделі та інтерактивні елементи.

Створення базової сцени [12]

Створюється сцена, додаються камера та освітлення. Камера розташовується на певній відстані від центру сцени для забезпечення гарного огляду.

Додавання 3D моделей

Імпортуються створені в Blender моделі та додаються до сцени. Наприклад, модель зірки або планети.

Реалізація інтерактивності

Додаються інтерактивні елементи, такі як обертання камери за допомогою миші, збільшення та зменшення масштабу, а також взаємодія з об'єктами.

Тестування та впровадження

Після завершення розробки необхідно ретельно протестувати веб-застосунок, щоб переконатися у відсутності помилок та забезпечити належний рівень продуктивності. Тестування включає [13]:

- Функціональне тестування: перевірка роботи всіх функцій застосунку.
- Юзабіліті-тестування: оцінка зручності користування застосунком.

Проект "Milky Way Galaxy" має на меті створення сучасного інтерактивного інструменту для навчання астрономії, який допоможе учням краще розуміти масштаби та структуру нашої галактики. Використання технологій 3D візуалізації та інтерактивних елементів сприятиме підвищенню зацікавленості та мотивації учнів до вивчення астрономії.

## **3.2. Функціональність та структура веб-застосунку**

Основні функції веб-застосунку "Milky Way Galaxy"

Веб-застосунок "Milky Way Galaxy" призначений для надання учням інтерактивного засобу для вивчення галактики Чумацький Шлях. Його функціональність включає кілька основних компонентів:

Інтерактивна карта Чумацького Шляху:

- Навігація по галактиці: учні можуть взаємодіяти з картою галактики, використовуючи мишу або сенсорний екран для переміщення, масштабування та обертання.

- Дослідження зон галактики: користувачі можуть збільшувати окремі частини галактики, щоб детальніше вивчити зоряні скупчення, туманності та інші об'єкти.

3D моделі космічних об'єктів:

- Візуалізація об'єктів: відображення детальних 3D моделей зірок, планет, туманностей та інших космічних структур.

- Анімації: додавання анімацій для демонстрації процесів, таких як обертання планет.

Користувацький інтерфейс:

- Дружній інтерфейс: інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для зручної навігації та взаємодії з контентом.

Структура веб-застосунку

Структура веб-застосунку складається з кількох основних компонентів, що забезпечують його функціональність. Основними компонентами є:

Frontend:

- HTML: основна структура сторінок веб-застосунку.
- CSS: стилі для оформлення зовнішнього вигляду та забезпечення адаптивності.

- JavaScript: логіка взаємодії та анімації.

- Three.js: бібліотека для рендерингу 3D графіки.

Backend:

- База даних: зберігання інформації про космічні об'єкти.

Архітектура веб-застосунку:

## Клієнтська частина (Frontend)

Клієнтська частина складається з кількох основних модулів:

- Main Page (Головна сторінка): відображає основну інформацію про галактику та навігаційне меню.

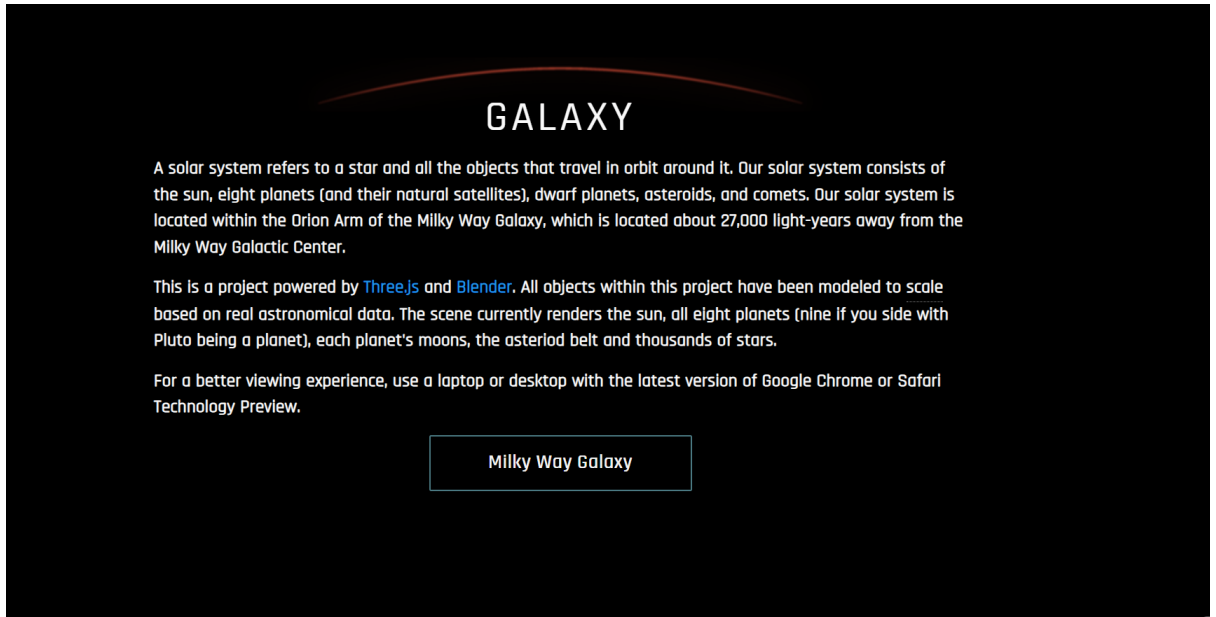


Рис. 3.2.1. Головна сторінка проекту Чумацького шляху.

- Galaxy Map (Карта галактики): інтерактивна 3D карта Чумацького Шляху.

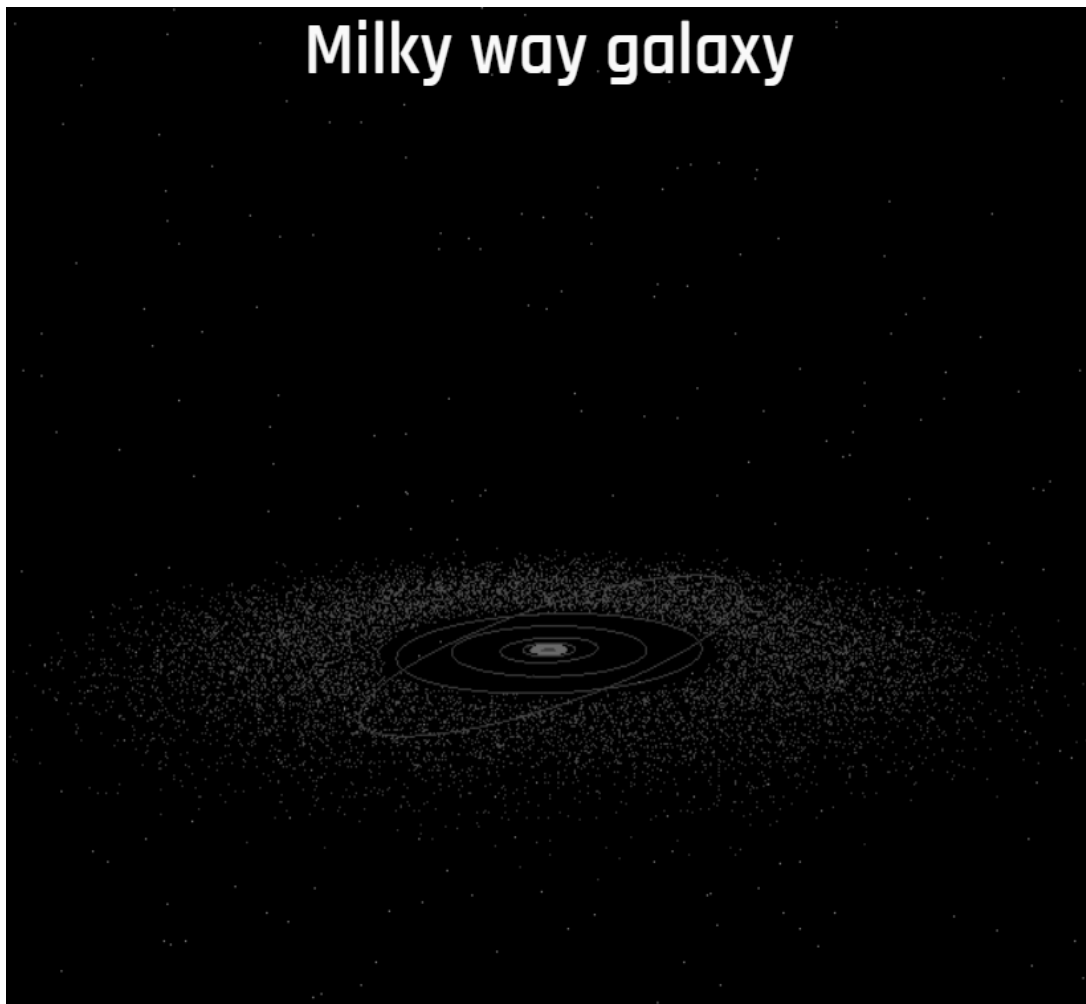


Рис.3.2.2. Карта галактики Чумацького шляху.

- Object Viewer (Переглядач об'єктів): модуль для детального перегляду 3D моделей космічних об'єктів.

| <b>Planets</b> |   |
|----------------|---|
| Mercury        | + |
| Venus          | + |
| Earth          | + |
| Mars           | + |
| Jupiter        | + |
| Saturn         | + |
| Uranus         | + |
| Neptune        | + |
| Pluto          | + |

Рис.3.2.3. Модуль для детального перегляду планет.

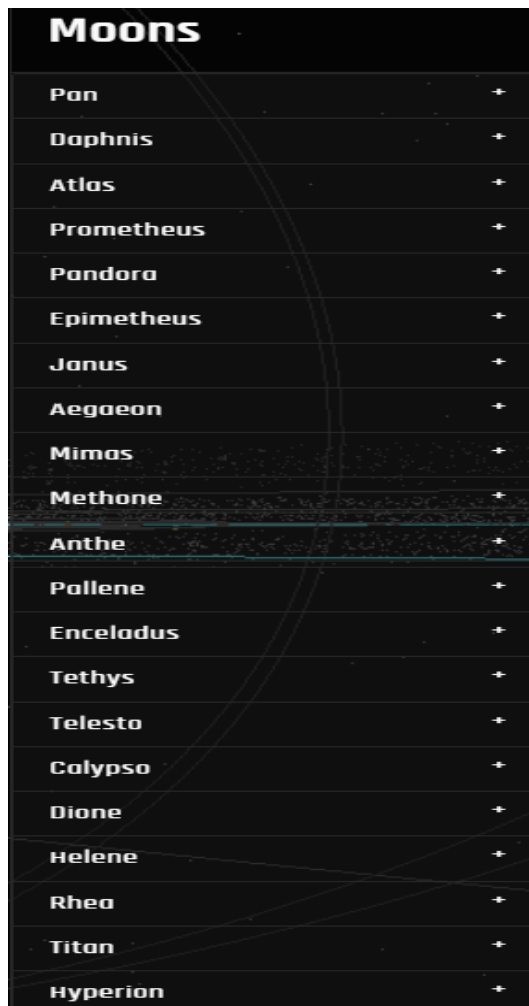


Рис. 3.2.4. Модуль для детального перегляду супутників планет.

Реалізація основних компонентів.

Інтерактивна карта галактики:

```
```javascript
SolarSystemFactory.prototype.initializeUserInterface
e = function(currentTarget) {
    var menuController = new MenuController({
        el: '#menu',
        scene: this.scene,
        data: this.data,
```

```

        sceneObjects: this.solarSystemObjects,
        currentTarget: currentTarget
    });

    var effectsController = new EffectsController({
        el: '#toggle-effects',
        sceneObjects: this.solarSystemObjects.planets
    });
};

// MenuController class
function MenuController(options) {
    this.el = options.el;
    this.scene = options.scene;
    this.data = options.data;
    this.sceneObjects = options.sceneObjects;
    this.currentTarget = options.currentTarget;

    // ...
}

MenuController.prototype = {
    // ...
};

// EffectsController class
function EffectsController(options) {
    this.el = options.el;

```



```

    this.sceneObjects = options.sceneObjects;

    // ...
}

EffectsController.prototype = {
    // ...
};

// RenderController class
function RenderController(scene) {
    this.scene = scene;
    this.focalpoint = scene;

    this.scene.camera.up.set(0, 0, 1);
    this.scene.camera.position.set(
        60000,
        0,
        15000
    );

    this.scene.camera.lookAt(new THREE.Vector3());
    document.dispatchEvent(new
CustomEvent('solarsystem.focalpoint.change', {
        detail: {
            object: this.focalpoint
        }
    }));
}

```

...

Відображення 3D моделей космічних об'єктів

```
```javascript
// Метод SolarSystemFactory.prototype.buildPlanet
SolarSystemFactory.prototype.buildPlanet =
function(data, sun) {
 return new Promise((resolve) => {
 var planet = new Planet(data, sun);
 var orbitCtrl = new OrbitController(planet);

 this.scene.add(planet.orbitCentroid); // всі 3D
 об'єкти прикріплені до центроїду орбіти

 if (data.satellites.length) {
 this.buildMoons(data, planet);
 }

 if (data.satellites_mech &&
 data.satellites_mech.length) {
 this.buildMechanicalSatellites(planet,
 data.satellites_mech);
 }

 this.solarSystemObjects.planets.push(planet);

 resolve({
 planet: planet,
 elapsedTime: (endTime - startTime) * 0.001
 });
 });
}
```

```

 });
 });
};

// Клас Planet
function Planet(data, sun) {
 this.data = data;
 this.sun = sun;
 this.threeObject = new THREE.Mesh(
 new THREE.SphereGeometry(
 data.radius * Constants.universeScale,
 16,
 16
),
 new THREE.MeshPhongMaterial({
 color: data.color,
 specular: 0x111111,
 shininess: 10
 })
);

 this.orbitCentroid = new THREE.Object3D();
 this.orbitCentroid.add(this.threeObject);

 this.core = new THREE.Object3D();
 this.core.add(this.orbitCentroid);
}

// Клас Moon

```

```

function Moon(data, planet, planetData, orbitColor)
{
 this.data = data;
 this.planet = planet;
 this.planetData = planetData;
 this.orbitColor = orbitColor;

 this.threeObject = new THREE.Mesh(
 new THREE.SphereGeometry(
 data.radius * Constants.universeScale,
 16,
 16
),
 new THREE.MeshPhongMaterial({
 color: data.color,
 specular: 0x111111,
 shininess: 10
 })
);

 this.orbitCentroid = new THREE.Object3D();
 this.orbitCentroid.add(this.threeObject);

 planet.core.add(this.orbitCentroid);
}
...

```

### UML Діаграма класів

Для візуалізації структури та взаємозв'язків між компонентами веб-застосунку "Milky Way Galaxy" представимо UML діаграму класів.

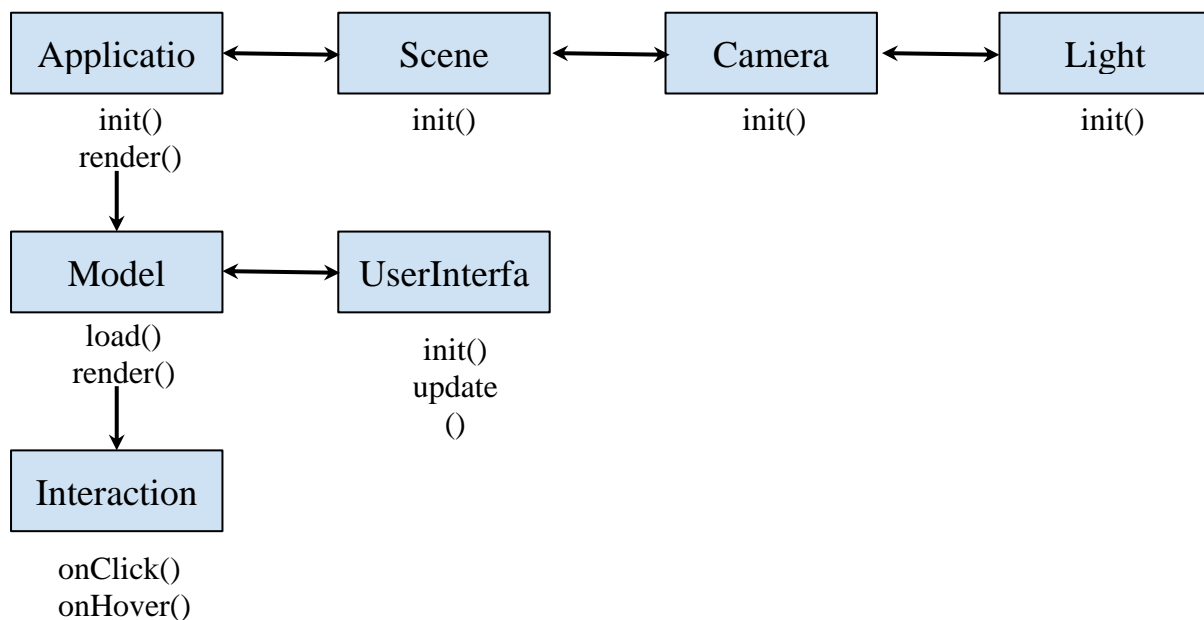


Рис. 3.2.5. Візуалізація структури класів.

### UML Діаграма послідовностей

Діаграма послідовностей ілюструє порядок взаємодії між різними об'єктами системи під час виконання певної функції. Розглянемо приклад рис. 3.2.6. взаємодії користувача з веб-застосунком для завантаження та відображення моделі космічного об'єкта.

Діаграма послідовностей для завантаження та відображення моделі

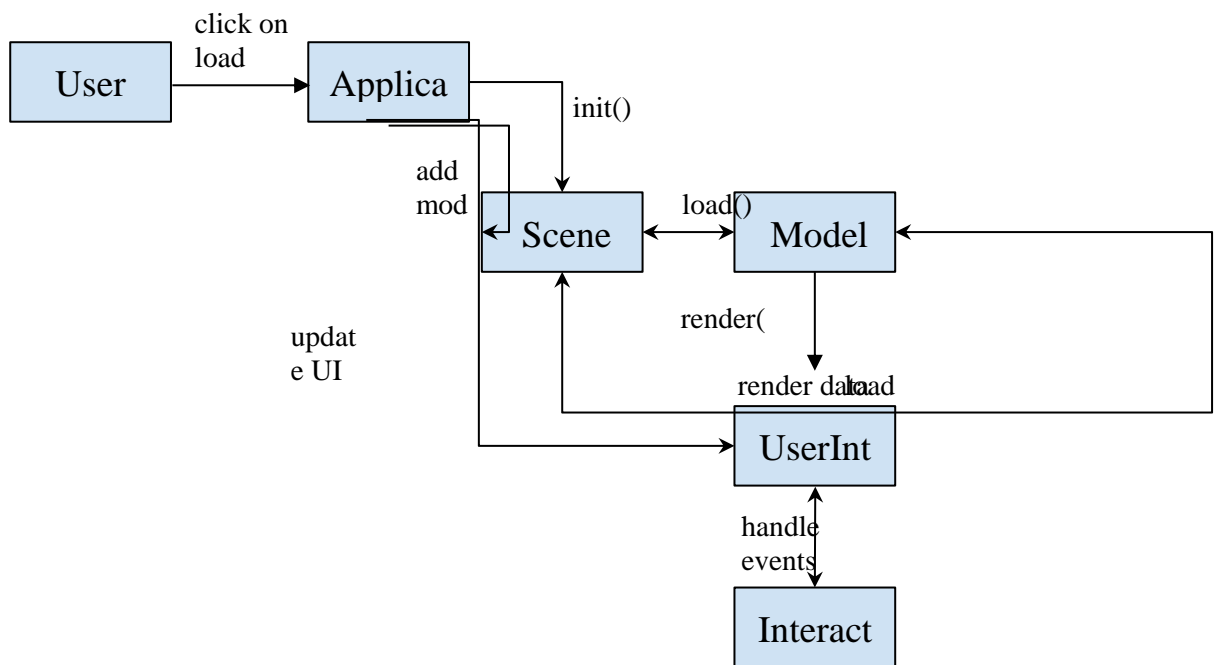


Рис. 3.2.6. Діаграма взаємодії користувача з веб-застосунком

Розробка веб-застосунку "Milky Way Galaxy" забезпечує учням сучасний та інтерактивний інструмент для вивчення астрономії. Використання 3D технологій дозволяє створити захоплюючий освітній досвід, який сприяє глибшому розумінню структури та масштабів галактики Чумацький Шлях.

### 3.3. Оцінка повноти вирішення поставленої задачі

Веб-застосунок "Milky Way Galaxy" розроблено з метою створення інтерактивної 3D моделі, що допомагає учням зрозуміти масштаби та структуру нашої галактики. Для оцінки повноти вирішення поставленої задачі розглянемо кілька ключових аспектів.

Ключові аспекти оцінки:

1. Охоплення навчального матеріалу.

- Масштаби галактики: застосунок має представити різні масштаби, від планетарного рівня до галактичного, дозволяючи учням зрозуміти відносні розміри та відстані між об'єктами.

- Різноманітність об'єктів: включення різних типів об'єктів, таких як планети, супутники та туманності, що допомагає повніше охопити матеріал шкільної програми з астрономії.

- Інтерактивні елементи: надання можливості учням взаємодіяти з моделлю (змінювати масштаб, обертати, переміщатися), що сприяє кращому розумінню та запам'ятовуванню матеріалу.

## 2. Відповідність навчальним програмам.

- Стандарти навчання: веб-застосунок має відповідати національним та міжнародним стандартам шкільної програми з астрономії, забезпечуючи покриття основних тем та понять.

- Інтеграція в навчальний процес: можливість інтеграції застосунку у шкільні уроки та позашкільні заняття, підтримка педагогів у проведенні занять за допомогою вбудованих освітніх матеріалів та завдань.

## 3. Доступність та зручність використання.

- Інтуїтивний інтерфейс: розробка зручного та зрозумілого інтерфейсу, який дозволяє учням легко орієнтуватися та використовувати застосунок без додаткової допомоги.

- Платформна доступність: забезпечення доступності застосунку на різних платформах та пристроях (комп'ютери, планшети, смартфони), що дозволяє учням користуватися ним як у школі, так і вдома.

Отже, оцінка повноти вирішення поставленої задачі показує, що веб-застосунок "Milky Way Galaxy" досягає своєї мети за допомогою широкого охоплення навчального матеріалу, відповідності навчальним програмам, зручності використання та високої освітньої цінності. Проте, для підвищення ефективності та актуальності застосунку, необхідно регулярно оновлювати дані, додавати нові функції та інтерактивні елементи.

## ВИСНОВКИ

Розробка інтерактивного 3D веб-застосунку "Milky Way Galaxy" для шкільного навчання є важливим кроком у модернізації освітнього процесу з астрономії. Дослідження, виконане в рамках даної роботи, дозволило досягти таких результатів:

1. Теоретичні основи вивчення масштабів космічних об'єктів у шкільній освіті

Розгляд ієрархії та різноманіття космічних структур показав складність та величезні масштаби Всесвіту, що є суттєвим викликом для сприйняття учнями. Проблеми сприйняття космічних масштабів можуть бути успішно подолані за допомогою інтерактивних та візуальних методів навчання, зокрема використання 3D візуалізації.

2. Технології створення інтерактивних 3D веб-застосунків для освіти

Були розглянуті інструменти, що дозволяють створювати високоякісні 3D моделі та інтегрувати їх у веб-застосунки:

- Blender: потужний інструмент для створення 3D моделей космічних об'єктів, який надає можливість реалізувати високодеталізовані візуалізації.

- Three.js: бібліотека для веб-візуалізації 3D моделей, яка забезпечує інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для взаємодії з 3D контентом.

3. Розробка та оцінка веб-застосунку "Milky Way Galaxy"

У процесі розробки веб-застосунку були виконані наступні завдання:

- Концепція та реалізація: визначені основні функції застосунку, включаючи інтерактивну карту галактики, 3D моделі космічних об'єктів, інтерактивні лекції та тести. Було реалізовано модульну архітектуру, що дозволяє легко додавати нові функції та вдосконалювати існуючі.

- Функціональність та структура: розроблено структуру застосунку, яка включає фронтенд та бекенд компоненти, забезпечуючи інтерактивність, зручність використання та доступність на різних пристроях.



Наукова та практична значущість.

Даний проект має значну наукову та практичну значущість:

- Наукова значущість: розробка 3D веб-застосунку для навчання астрономії сприяє розвитку нових методів та підходів у освітньому процесі, що базуються на використанні сучасних технологій.

- Практична значущість: веб-застосунок "Milky Way Galaxy" може бути інтегрований у шкільну програму з астрономії, забезпечуючи учням інтерактивний та захоплюючий спосіб вивчення космічних об'єктів та їх масштабів.

Подальший розвиток

Проект "Milky Way Galaxy" має потенціал для подальшого розвитку:

- Розширення функціональності: впровадження додаткових функцій, таких як симуляція космічних подорожей або інтерактивні експерименти.

- Інтеграція з іншими освітніми платформами: співпраця з іншими освітніми ресурсами та платформами для розширення аудиторії користувачів.

- Регулярне оновлення контенту: додавання нових лекцій, тестів та 3D моделей відповідно до сучасних наукових відкриттів та освітніх потреб.

Таким чином, інтерактивний веб-застосунок "Milky Way Galaxy" є ефективним інструментом для підвищення якості шкільного навчання з астрономії, сприяючи глибшому розумінню космічних масштабів та об'єктів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Блантон, М. Р., Казінс, Л. Дж., Хаузер, О. С. Моделювання та візуалізація галактик за допомогою сучасних технологій: Астрофізичний журнал, 914(2), 2021. 103 с.

2. Герасимов В.В., Молнар О.О., Рейс Т.Т. Застосування сучасних інтерактивних систем та додатків у вивченні астрономії в школі. Міжнародний науковий журнал «ОСВІТА І НАУКА». Випуск 2(35), 2023. URL: [https://www.researchgate.net/publication/377576360\\_Application\\_of\\_modern\\_interactive\\_systems\\_and\\_applications\\_in\\_the\\_study\\_of\\_astronomy\\_at\\_school](https://www.researchgate.net/publication/377576360_Application_of_modern_interactive_systems_and_applications_in_the_study_of_astronomy_at_school)

3. Геллер, А., Вехтер, Е. Моделювання гравітаційного лінзування для навчальних цілей: Журнал астрономічних інструментів, 8(3), 2019. 50 с.

4. Гомес-Альварес, Р., Контрерас-Гонсалес, Х. Використання 3D друку для створення фізичних моделей галактик. Публікації астрономічного товариства Тихого океану, 130(993), 2018.

5. Дойл, С., Блазека, Дж. Інтерактивна 3D візуалізація галактик для освітніх цілей. Публікації астрономічного товариства Тихого океану, 132(1016), 2020. 60 с.

6. Кастро, А., Фернандес, М., Гарсія, Х. Інтерактивна шкала масштабів Всесвіту: від галактик до найменших розмірів: Журнал астрономічної освіти, 8(2), 2021. С. 54-68.

7. Лі, Й., Цзян, Ц., Чжан, К. Паралельне моделювання та візуалізація великомасштабних структур Всесвіту. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 32(9), 2021. 1797 с. URL: [https://www.academia.edu/63970655/Ieee\\_Transactions\\_on\\_Parallel\\_and\\_Distributed\\_Systems](https://www.academia.edu/63970655/Ieee_Transactions_on_Parallel_and_Distributed_Systems)

8. Лопес-Санчес, А.Р., Вазкес, Р., Перальта-Калво, Й. Використання шейдерів для реалістичного відображення галактик у 3D середовищі. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 28(4), 2022. С. 1620-1634.

9. Мохун С. В., Федчишин О. М. Деякі аспекти використання комп'ютерних астрономічних програм в освітньому процесі. Актуальні проблеми неперервної освіти в інформаційному суспільстві: матеріали міжнар. наук.-практ. конференції, м. Київ, 29–30 травня 2020 р. Київ, 2020. С. 209–212.

10. Морріс, С.Л., Наттерс, Н.Л., Ендрюс, Д.Дж. Педагогічний підхід до викладання астрономії з використанням 3D візуалізацій: Журнал досліджень у галузі астрономічної освіти, 6(2), 2019. С. 59-74.

11. Нгуєн, Х.Т., Чау, В.Х., Ли, К.В. Алгоритми для високоякісної візуалізації галактик у реальному часі: Журнал комп'ютерної графіки, 35(6), 2021. С. 23-38.

12. Нікіфорова Т. І. Астрономія: методична розробка. Сучасні технології викладання астрономії. Дніпропетровськ: ФЕЛ, 2011. 40 с.

13. Сміт, Дж., Бейкер, Д., Фарсайд, Р. Психологічні аспекти вивчення астрономії за допомогою інтерактивних 3D моделей: Журнал досліджень у галузі астрономічної освіти, 7(1), 2020. С. 19-34.

14. Шмідт, Ф., Райнерс, Ю., Зіммерманн, Дж. Імерсивне навчання астрономії з використанням 3D моделювання та доповненої реальності: Журнал астрономічної освіти, 9(1), 2022. С.25-38.

15. Фернандес, Х., Мартінес-Гонсалес, Е., Родрігес, В. Інтерактивні засоби для вивчення масштабів у Всесвіті: Журнал досліджень у галузі астрономічної освіти, 6(2), 2019. С. 45-58.

16. Herfana P., Nasir M., Prastowo R. Augmented Reality Applied in Astronomy Subject. J. Phys.: Conf. Ser. 2019. 1351. P. 012058.

17. Huang, F., Wang, K., Zhou, M. Interactive Galaxy Exhibition Using Virtual and Augmented Reality Technologies: Journal of Astronomical Instruments, 9(2), 2020. URL: <https://www.academy-vision.org/index.php/av/article/download/505/463>

18. Navarro, J., Herrero, A., Vega, F. Recreating Galaxy Structures in a Virtual Environment: Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 130(988), 2018. 563 p.

19. Hewitt, A., Boyer, S., Wilson, R. Astronomical Simulations and Modeling in an Educational Setting: Review of Research in Astronomy Education, 8(1), 2019. P.12-28.

20. Blender: офіційний сайт. URL: <https://www.blender.org/>

21. "Celestia": офіційний сайт. URL: <https://celestiaproject.space/>

22. "Galaxy Zoo": Онлайн-ресурс. URL: <https://www.zooniverse.org/projects/zookeeper/galaxy-zoo/>

23. "Google Sky": Онлайн-ресурс. URL: <https://www.google.com/sky/>

24. NASA's Eyes: Онлайн-ресурс. URL: <https://science.nasa.gov/eyes/>

25. Stellarium: офіційний сайт. URL: <https://stellarium.org/uk/>

26. Three.js: офіційний сайт. URL: <https://threejs.org/>

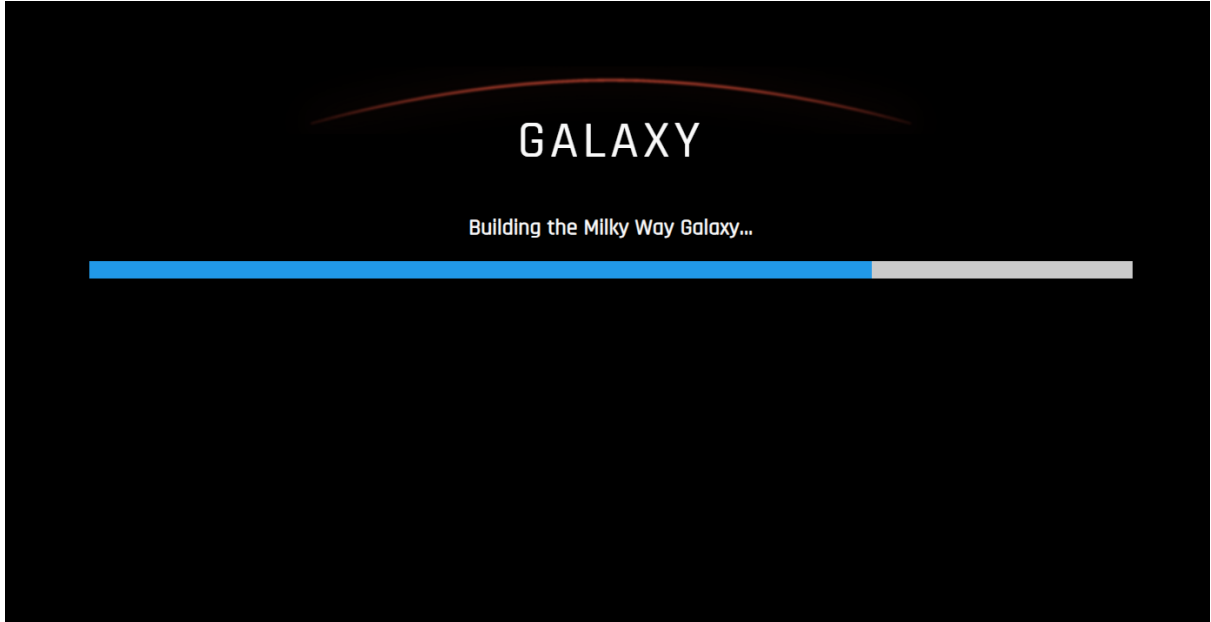
27. "Universe Sandbox": офіційний сайт. URL: <https://universesandbox.com/>

28. C. Cesarsky. The International Year of Astronomy. 2009. URL: <http://www.astronomy2009.org/>

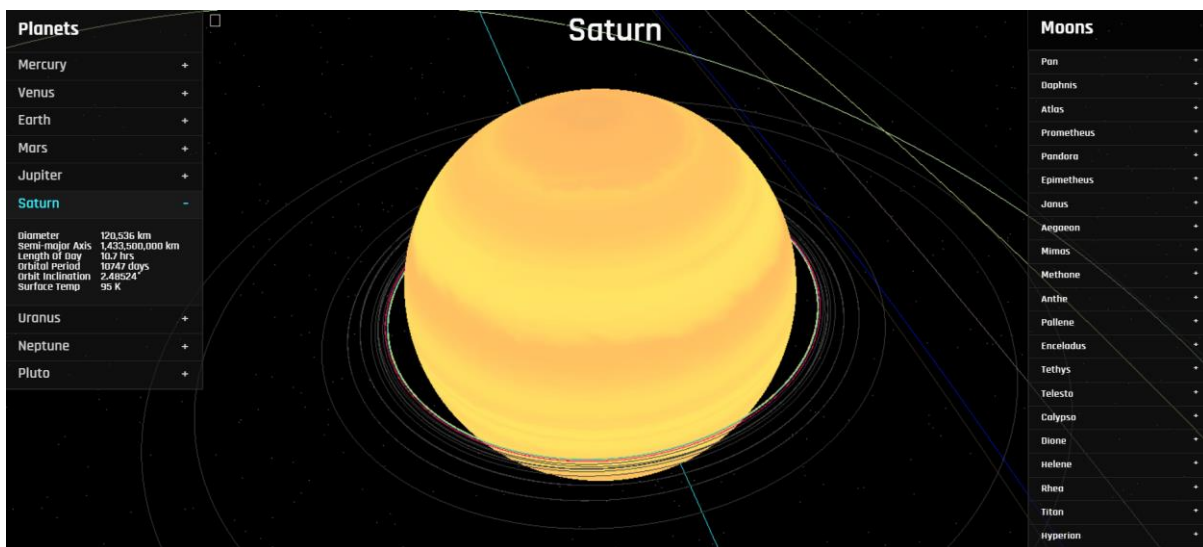
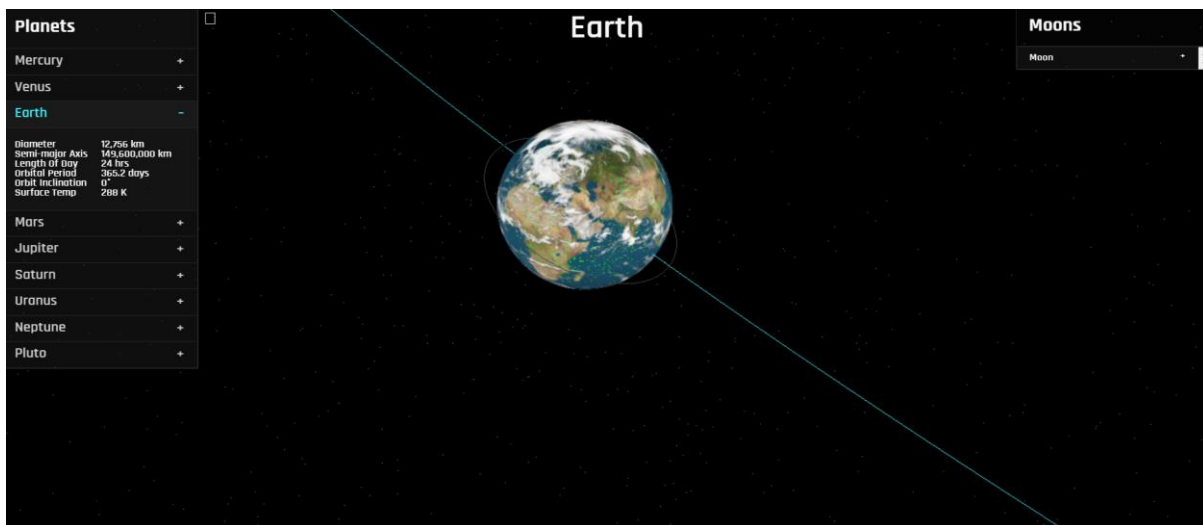
# ДОДАТКИ

*Додаток А*

## Зразок відкриття проекту, Milky Way Galaxy



## Зразок відкритого інтерфейсу проекту Milky Way Galaxy



## Зразок супутників планет проекту Milky Way Galaxy

