

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Іванюк Ольги Олегівни

УДК 004.9:520:521

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Інтерактивна поверхні для вивчення сузір'їв Star Grove

(тема роботи)

122 «Комп'ютерні науки»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

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

_____ Іванюк О.О.

Керівниця роботи
Молодецька Катерина Валеріївна
(прізвище, ім'я, по батькові)
докторка технічних наук, професорка
(науковий ступінь, вчене звання)

Житомир – 2025

Висновок кафедри _____
за результатами попереднього захисту: _____

Протокол засідання кафедри _____
№ _____ від « _____ » _____ 20 _____ р.

Завідувач кафедри _____

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(прізвище, ім'я, по батькові)

« _____ » _____ 20 _____ р.

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Здобувачка вищої освіти Іванюк Ольга Олегівна захистив (ла)

(прізвище, ім'я, по батькові)

кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар ЕК

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(прізвище, ім'я, по батькові)

АНОТАЦІЯ

Іванюк О. О. Інтерактивна поверхня для вивчення сузір'їв Star Grove – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці інтерактивної поверхні Star Grove для вивчення сузір'їв, яка поєднує апаратні та програмні рішення. У роботі здійснено аналіз предметної області, спроектовано структуру бази даних зоряних об'єктів, розроблено інтерфейс користувача та реалізовано програмне забезпечення на базі мікроконтролера Arduino Nano ESP32. Система забезпечує візуалізацію зоряного неба з використанням адресної світлодіодної стрічки та підтримує дистанційне керування через вебінтерфейс. Результати дослідження можуть бути використані для впровадження інтерактивних освітніх технологій у навчальних закладах.

Ключові слова: інтерактивні технології, інформаційна система, інтерактивна карта зоряного неба, сузір'я, методи навчання.

SUMMARY

Ivaniuk O. O. Interactive surface for studying constellations Star Grove – Qualification work in the form of a manuscript.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 122 – Computer science. – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

Qualification work is devoted to the development of the Star Grove interactive surface for studying constellations, which combines hardware and software solutions. The work analyzes the subject area, designs the structure of the stellar objects database, develops the user interface, and implements the software based on the Arduino Nano ESP32 microcontroller. The system provides visualization of the starry sky using an addressable LED strip and supports remote control via a web interface. The results of the study can be used to implement interactive educational technologies in educational institutions.

Keywords: interactive technologies, information system, interactive star map, constellations, teaching methods.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	6
ВСТУП.....	7
Розділ 1 АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ЕКСПОНАТІВ	9
1.1 Огляд систем для вивчення астрономії та зоряного неба	9
1.2. Аналіз наявних інтерактивних рішень для вивчення астрономії.....	10
1.3. Сучасні технології реалізації інтерактивних поверхонь	12
Висновки до першого розділу	15
Розділ 2 ПРОЄКТУВАННЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ ПОВЕРХНІ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ СУЗІР'ЇВ STAR GROVE	16
2.1 Архітектура системи та вибір інструментів реалізації.....	16
2.2 Моделювання зоряного неба та бази сузір'їв.....	18
2.3 Інтерфейс користувача та принципи його побудови.....	20
Висновки до другого розділу	22
Розділ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ ПОВЕРХНІ	23
3.1 Програмна реалізація керування освітленням і взаємодією з поверхнею .	23
3.2 Інструкція зі встановлення, налаштування та запуску	24
Висновки до третього розділу	25
ВИСНОВКИ	26
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	27
ДОДАТКИ.....	32

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БД – база даних;

ІС – інформаційна система;

ПЗ – програмне забезпечення;

РК дисплей – рідкокристалічний дисплей;

ESP – electronic stability program;

GPIO – general-purpose input/output;

HTTP – hypertext transfer protocol;

IP – internet protocol;

LCD – liquid-crystal display;

LED – light-emitting diode;

RGB – Red, Green, Blue;

UML – unified modeling language.

ВСТУП

Актуальність дослідження полягає у зростаючій потребі в ефективних методах навчання астрономії, зокрема у вивченні сузір'їв, що є важливою складовою освіти. Традиційні підходи до викладання астрономії часто не забезпечують достатньої інтерактивності та глибокого засвоєння матеріалу через статичність навчальних матеріалів і обмежені можливості для активної взаємодії учнів із зоряним небом. Сучасні цифрові технології відкривають нові можливості для створення інтерактивних систем, які можуть суттєво підвищити мотивацію та якість навчання.

Сучасна освіта вимагає використання інноваційних підходів, які враховують різні стилі навчання, забезпечують мультисенсорну взаємодію та сприяють активному залученню учнів у процес пізнання. Інтерактивні поверхні, що поєднують апаратні та програмні засоби, створюють унікальні можливості для візуалізації складних астрономічних явищ, формування просторового уявлення та розвитку наукового мислення. Проєкт розроблено на базі інжинірингової школи Noosphere.

Предметом дослідження є підходи до створення інтерактивної поверхні для вивчення сузір'їв, що включають методи візуалізації, інтерактивності та управління освітніми експонатами, об'єктом – процес розробки та перевірки роботи інтерактивної поверхні Star Grove. Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності вивчення астрономії та сузір'їв за допомогою інтерактивних пристроїв. Для досягнення поставленої мети у роботі використано такі методи дослідження: аналіз предметної області, методи системного аналізу, порівняльний аналіз існуючих рішень.

Основні завдання роботи:

- проаналізувати сучасні методи та технології навчання астрономії, зокрема вивчення сузір'їв;
- розробити інтерактивну поверхню із застосуванням апаратних і програмних рішень;

- створити інтерфейс користувача для взаємодії з системою.

Практична значущість роботи полягає у створенні прототипу інтерактивної поверхні, що може бути впроваджений у навчальні заклади для покращення якості викладання астрономії та формування у учнів глибоких знань про зоряне небо. Запропоноване рішення забезпечує адаптивність до різних стилів навчання та підтримує дистанційне керування, що робить його зручним і доступним для широкого кола користувачів.

Структура кваліфікаційної роботи складається зі вступу, трьох основних розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. У вступі викладено актуальність теми, мету, завдання, предмет і об'єкт дослідження, методи роботи, а також практичне значення результатів. Перший розділ присвячений аналізу підходів до створення інтерактивних експонатів, зокрема систем для вивчення астрономії та сучасних технологій реалізації інтерактивних поверхонь. Другий розділ містить проектування інтерактивної поверхні Star Grove, опис архітектури системи, моделювання зоряного неба та розробку інтерфейсу користувача. У третьому розділі розглядається програмна реалізація керування поверхнею, а також інструкція зі встановлення, налаштування та запуску системи. У висновках підсумовано основні результати роботи та окреслено перспективи подальшого розвитку.

За темою кваліфікаційної роботи було опубліковано такі роботи:

1. Іванюк О. О. Розробка інтерактивної поверхні для вивчення сузір'їв star grove. Збірник праць учасників міжфакультетської науково-практичної інтернет-конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених: "Безпека, технології, інновації: нові горизонти", м. Житомир, 12 листоп. 2024 р. С. 50–52.
2. Іванюк О. О. Використання інтерактивних методів для вивчення астрономії (архітектура системи, схемні рішення, засоби реалізації). Збірник праць учасників всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених : "Інформ. Технології та моделювання систем", м. Житомир, 15 трав. 2025 р. С. 76–80.

Розділ 1 АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ЕКСПОНАТІВ

1.1 Огляд систем для вивчення астрономії та зоряного неба

Ефективність навчання астрономії та дослідження зоряного неба в сучасній освіті є надзвичайно актуальною проблемою, зумовленою зростаючими вимогами до якості освіти, а також складністю освітнього матеріалу. Формування у освітян глибоких знань про космос, розвиток просторового уявлення та наукового мислення потребує застосування методів, що забезпечують активну пізнавальну діяльність і високу мотивацію до навчання [1, 2].

Традиційні методи викладання астрономії включають роботу з друкованими картами зоряного неба, атласами, підручниками, лекції, а також спостереження неозброєним оком. Ці методи мають історично сформовану основу і забезпечують базове ознайомлення з астрономічними поняттями та явищами. Однак вони характеризуються низкою суттєвих обмежень. По-перше, пасивний характер сприйняття інформації під час лекцій і роботи з статичними картами не сприяє формуванню глибокого розуміння, що потребує активної взаємодії з матеріалом [1, 2]. По-друге, статичність зображень і відсутність динамічних моделей ускладнюють формування просторового уявлення про рух небесних тіл, що є ключовим для астрономії [1]. По-третє, обмежені можливості для індивідуалізації навчання і відсутність інтерактивності знижують мотивацію учнів і ускладнюють адаптацію матеріалу до різних стилів навчання. Ці недоліки традиційних методів вимагають наукового підтвердження їхньої неефективності у сучасному освітньому контексті [1, 2].

Сучасні підходи до вивчення астрономії активно інтегрують цифрові технології, зокрема мобільні застосунки-планетарії, комп'ютерні симуляції, веб-ресурси та віртуальні тури. Ці інструменти дозволяють візуалізувати рух небесних тіл у тривимірному просторі, моделювати астрономічні явища в реальному часі та здійснювати інтерактивні дослідження, що сприяє

активізації пізнавальної діяльності учнів [1, 3]. Наприклад, застосунки типу Solar System Scope надають можливість детально вивчати структуру Сонячної системи, а зоряні атласи з 3D-моделями сприяють кращому розумінню зоряного неба [3].

Проте навіть сучасні цифрові методи мають свої обмеження. По-перше, відсутність фізичної, мультисенсорної взаємодії з об'єктами дослідження може знижувати ефективність засвоєння матеріалу, особливо для учнів з різними стилями навчання [1, 3]. По-друге, високий когнітивний навантаження від виключно візуальної інформації без додаткових сенсорних каналів може ускладнювати розуміння складних астрономічних концепцій. По-третє, технологічні та ресурсні бар'єри, зокрема недостатня технічна оснащеність шкіл, обмежують широке впровадження таких інструментів [1, 3]. Крім того, відсутність гейміфікації та глибокої залученості учнів у освітній процес також знижує мотивацію і ефективність сучасних цифрових систем. Ці аспекти також потребують подальшого наукового дослідження і підтвердження [1, 3].

Виявлені недоліки як традиційних, так і сучасних методів навчання астрономії підкреслюють необхідність розробки нових інтерактивних систем, які б поєднували переваги цифрових технологій із можливостями мультисенсорної взаємодії та індивідуалізації навчання. Такі системи мають забезпечити більш глибоке розуміння астрономічних явищ, підвищити мотивацію учнів і відповідати сучасним освітнім стандартам, що і є предметом подальшого дослідження цієї роботи [1, 3].

1.2. Аналіз наявних інтерактивних рішень для вивчення астрономії

Сучасні інтерактивні рішення для вивчення астрономії представлені різноманітними мобільними застосунками та інсталяціями, які значно полегшують процес засвоєння знань про космос. Одним із популярних застосунків є Stellarium Mobile [25] – мобільна версія відомої програми для астрономів-аматорів, що надає масштабовану карту неба з даними про понад

600 тисяч зірок, сузір'їв, планет і інших небесних об'єктів. Вона дозволяє ідентифікувати зорі та сузір'я, а також планувати спостереження, змінюючи час і місце спостереження. Іншим прикладом є Star Chart [28], який має функції доповненої реальності: користувач може навести камеру смартфона на небо, і застосунок покаже, які об'єкти видно в цей момент. Він містить інформацію про метеоритні дощі, комети, супутники та понад 120 тисяч зірок, а також дозволяє «переміщатися у часі» для перегляду небесних явищ у минулому чи майбутньому.

Для тих, хто цікавиться більш глибоким дослідженням космосу, існують інтерактивні симулятори, наприклад SkySafari [29], що пропонують детальні 3D-моделі планет, супутників і навіть космічних апаратів, а також надають інформацію про історію їх досліджень. Ці застосунки підтримують функції навігації по Сонячній системі та мають календар астрономічних подій, що допомагає користувачам планувати спостереження.

Важливим інструментом для астрономів-любителів є також StarTracker [30], який пропонує дані про понад 8 тисяч видимих неозброєним оком зірок і 88 сузір'їв. Він підтримує функції масштабування, пошуку об'єктів за назвою, а також режим віртуальної реальності. Застосунок має як безкоштовну, так і платну версію з розширеним функціоналом.

Окрему категорію складають застосунки з відкритим кодом, такі як Sky Map, що колись був Google Sky Map [31]. Це безкоштовний інструмент з великою базою користувачів, який дозволяє швидко ідентифікувати зірки і сузір'я, сприяючи популяризації астрономії серед широкої аудиторії.

Крім того, існують застосунки, які надають доступ до науково-популярної інформації та відеоматеріалів про космос, наприклад NASA Visualization Explorer. Вони демонструють актуальні космічні події в реальному часі, що робить навчання більш захопливим і інформативним.

Помітно, що сучасні інтерактивні рішення для вивчення астрономії поєднують у собі можливості 3D-візуалізації, доповненої реальності, наукових баз даних і зручних інтерфейсів. Вони забезпечують доступність знань,

стимулюють інтерес до науки і дозволяють користувачам різного рівня підготовки ефективно опановувати астрономічні знання, але водночас їм бракує можливості для колективної взаємодії та мультисенсорного підходу, що є важливим для глибшого розуміння астрономічних явищ.

1.3. Сучасні технології реалізації інтерактивних поверхонь

Інтерактивні поверхні сьогодні є ключовими інструментами в освіті та інших сферах, які потребують динамічної взаємодії користувача з інформацією. Розвиток технологій останніх років дозволив створити різноманітні типи інтерактивних пристроїв, що забезпечують високу якість зображення, чутливість до дотиків і багатокористувацький режим роботи.

Основу сучасних інтерактивних поверхонь становлять сенсорні технології, серед яких найпоширенішими є ємнісні та інфрачервоні сенсори. Ємнісні сенсори забезпечують високу точність та швидкість реакції на дотики, дозволяючи керувати пристроєм пальцями або стилусом без додаткових пристроїв. Інфрачервоні сенсори, у свою чергу, характеризуються надійністю та можливістю роботи з будь-якими предметами, що торкаються екрану, що робить їх популярними у великих інтерактивних дошках та панелях [4].

Інтерактивні панелі, або мультиборди, є самодостатніми пристроями з вбудованим дисплеєм (зазвичай РК (рідкокристалічний) або LED (light-emitting diode)) високої роздільної здатності (Full HD і вище). Вони не потребують проєктора чи підключення до зовнішнього комп'ютера для базової роботи, що значно спрощує їх використання у навчальних класах і конференц-залах. Завдяки загартованому склу з антивідблисковим покриттям, зображення залишається чітким навіть при яскравому освітленні, що усуває необхідність затемнення приміщення [4].

Інтерактивні столи – ще одна сучасна форма інтерактивних поверхонь, що дозволяють одночасно кільком користувачам взаємодіяти з контентом.

Вони особливо ефективні для колективної роботи та навчання, сприяючи розвитку командної взаємодії та активного залучення учнів [5].

Переваги використання інтерактивних поверхонь:

- підвищення ефективності навчання через активну взаємодію та візуалізацію інформації;
- можливість збереження та повторного використання освітнього контенту;
- стимулювання творчості, саморозвитку та критичного мислення учнів;
- інтеграція з різними програмними засобами, що розширює функціональні можливості;
- використання у різних сферах – від освіти до архітектури та міського дизайну.

Таким чином, сучасні технології реалізації інтерактивних поверхонь поєднують високоточні сенсорні системи, передові матеріали та інтелектуальні алгоритми, що дозволяє створювати ефективні, зручні та адаптивні інструменти для навчання, роботи та спілкування. У свою чергу, аналіз існуючих інтерактивних рішень для вивчення астрономії виявив значний потенціал цифрових технологій, проте також підкреслив ряд невирішених проблем, які обмежують ефективність освітнього процесу. Незважаючи на доступність мобільних застосунків типу Stellarium Mobile, Star Chart, що надають детальну візуальну інформацію про зоряне небо, існує суттєва прогалина у забезпеченні мультисенсорної взаємодії та тактильного досвіду при вивченні сузір'їв.

Аналіз сучасних методів навчання астрономії дозволив ідентифікувати ключові потреби, які потребують нових технологічних рішень. Передусім, це потреба у тактильній взаємодії, оскільки традиційні атласи, друковані карти зоряного неба та цифрові застосунки забезпечують лише візуальне сприйняття інформації, що обмежує можливості учнів у взаємодії з матеріалами. Відсутність можливості «доторкнутися» до зірок та фізично ускладнює формування просторового уявлення про структуру зоряного неба.

Водночас існуючі мобільні застосунки орієнтовані на індивідуальне використання, що не сприяє розвитку командної роботи та колективного дослідження. Освітній процес потребує інструментів, які дозволяють одночасну взаємодію кількох учнів з одним об'єктом вивчення [2, 26]. Крім того, сучасні цифрові рішення, хоча і забезпечують високу інформативність, не створюють відчуття реальності та фізичної присутності серед зірок. Водночас традиційні методи спостереження неозброєним оком обмежені погодними умовами та часом доби. Багато існуючих рішень також потребують спеціалізованого обладнання або високого рівня технічної підготовки, що обмежує їх впровадження в освітніх закладах з різним рівнем технічної оснащеності [27].

Для вирішення виявлених проблем пропонується розробка інтерактивної системи для вивчення сузір'їв, яка поєднує переваги фізичної взаємодії з можливостями сучасних цифрових технологій. Мультисенсорна взаємодія забезпечується завдяки реакції системи на дотики користувачів, що створює тактильний досвід. Запропонована система має широкі можливості застосування в різних освітніх та науково-популярних закладах. У загальноосвітніх навчальних закладах система може бути інтегрована в курси астрономії, забезпечуючи інтерактивне вивчення зоряного неба та формування просторового мислення учнів. Планетарії та науково-популярні центри зможуть використовувати інтерактивну поверхню як ефективний інструмент для демонстрацій та майстер-класів, дозволяючи відвідувачам різного віку активно брати участь у дослідженні космосу.

У вищих навчальних закладах, зокрема на астрономічних та фізичних факультетах, система може використовуватися для поглибленого вивчення зоряних карт, навігації та історії астрономії. Позашкільні освітні центри, включаючи астрономічні гуртки, центри дитячої творчості та літні наукові табори, зможуть використовувати систему для організації захопливих навчальних заходів.

Розроблювана система вирішує ключові недоліки існуючих рішень шляхом забезпечення мультисенсорного досвіду через поєднання візуальних, тактильних та цифрових елементів, підтримки колаборативного навчання завдяки можливості одночасної роботи кількох користувачів, створення фізичного зв'язку між абстрактними астрономічними поняттями та реальними відчуттями, а також адаптації до різних освітніх потреб через гнучкі режими роботи та веб-інтерфейс. Таким чином, запропонована система заповнює існуючу прогалину в інтерактивних освітніх технологіях для вивчення астрономії, створюючи унікальний інструмент, який поєднує найкращі аспекти традиційних та цифрових методів навчання.

Висновки до першого розділу

Проаналізовано актуальність проблеми підвищення ефективності навчання астрономії в сучасній освіті. Розглянуто традиційні методи викладання, їхні переваги та суттєві обмеження. Систематизовано основні технологічні рішення, які використовуються для сучасного навчання. Виявлено недоліки в існуючих системах та запропоновано нову розробку щоб закрити визначені потреби.

Розділ 2 ПРОЄКТУВАННЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ ПОВЕРХНІ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ СУЗІР'ІВ STAR GROVE

2.1 Архітектура системи та вибір інструментів реалізації

Основним обчислювальним модулем розробленої системи є мікроконтролер Arduino® Nano ESP32 ABX00092, який виконує функції прийому та обробки даних, управління підключеними компонентами, а також забезпечує передачу інформації через вбудовані Wi-Fi та Bluetooth модулі. Ключовими характеристиками ESP32 є двоядерний процесор Tensilica Xtensa LX6 з тактовою частотою до 240 МГц, значний обсяг оперативної пам'яті та флеш-пам'яті для розміщення ПЗ (програмного забезпечення), а також низьке енергоспоживання, що сприяє ефективній роботі системи [7].

Виконавчим елементом системи є адресна світлодіодна стрічка, яка дозволяє створювати складні світлові ефекти завдяки можливості індивідуального керування кожним світлодіодом через один сигнальний пін мікроконтролера. Кожен світлодіод стрічки має вбудований мікрочіп, що забезпечує унікальну адресу та дозволяє задавати кольори з палітри приблизно 16,8 млн відтінків RGB (Red, Green, Blue). Напруга живлення стрічки становить 5 В, а протокол керування – однопровідний, що спрощує апаратне підключення та масштабування системи.

Архітектура системи передбачає, що Arduino Nano ESP32 отримує сигнали від сенсорів або інших вхідних пристроїв, обробляє їх згідно з заданим алгоритмом і передає відповідні команди на адресну світлодіодну стрічку для формування світлових ефектів. Завдяки вбудованим Wi-Fi та Bluetooth модулям ESP32 також забезпечує надійний бездротовий зв'язок із зовнішніми пристроями, зокрема мобільним застосунком, що дозволяє здійснювати дистанційне керування системою.

Вибір Arduino Nano ESP32 ABX00092 обумовлений його високою продуктивністю, розширеними комунікаційними можливостями, достатнім обсягом пам'яті та енергоефективністю, що відповідає вимогам компактної, автономної та багатофункціональної інтерактивної системи. Адресна

світлодіодна стрічка обрана через її гнучкість, можливість створення динамічних і багатокольорових світлових ефектів, а також простоту підключення через однопровідний протокол керування.

Взаємодія між компонентами організована наступним чином: Arduino Nano ESP32 отримує сигнали від сенсорів, обробляє їх відповідно до закладеного алгоритму (див. дод. А) та надсилає команди на адресну світлодіодну стрічку. Крім того, через бездротові модулі мікроконтролер може приймати команди від зовнішнього застосунку, що забезпечує зручне дистанційне керування системою.

Спрощена схема системи (створена у симуляторі ESP32 Wokwi [8]), наведена на рисунку 2.1, ілюструє базові принципи організації апаратної частини: замість адресної світлодіодної стрічки використано окремі світлодіоди, а замість сенсорних кнопок – звичайні кнопки, що дозволяє наочно продемонструвати логіку роботи системи та її основні функціональні вузли.

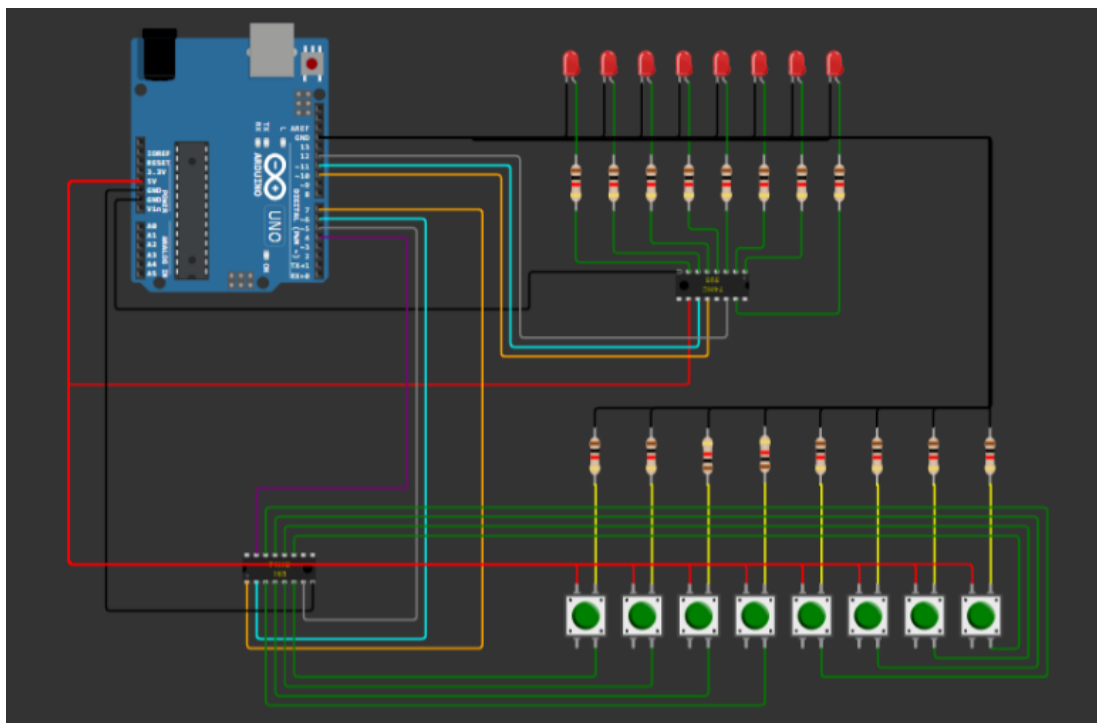


Рисунок 2.1 – Спрощена схема з'єднань створена у симуляторі

UML-діаграма послідовності (рис. 2.2) ілюструє часовий порядок взаємодії основних компонентів системи під час виконання ключових сценаріїв використання. Вона демонструє, як користувач через вебзастосунок

надсилає запити до інтерактивної поверхні, яка, у свою чергу, обробляє ці команди за допомогою мікроконтролера Arduino Nano ESP32, керує підсвіткою адресної світлодіодної стрічки та повертає відповідні відповіді. Діаграма також відображає альтернативні варіанти дій, такі як налаштування режимів підсвітки, перегляд інформації про сузір'я або завершення роботи системи.

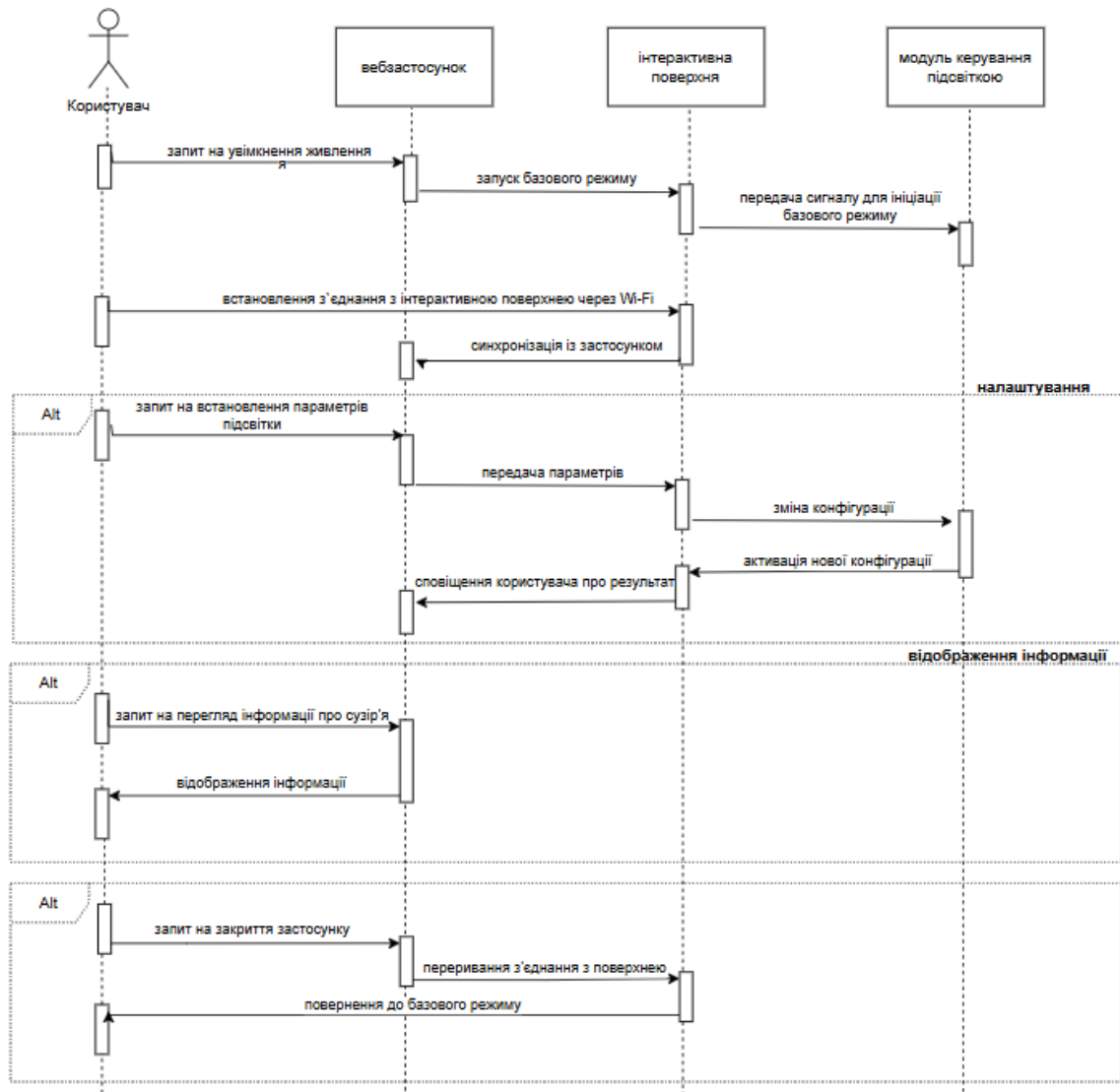


Рисунок 2.2 – UML-діаграма послідовностей інтерактивної поверхні

2.2 Моделювання зоряного неба та бази сузір'їв

Для реалізації інтерактивної поверхні Star Grove було створено макет полотна зоряного неба, який налічує понад 150 зірок та 23 відомих сузір'я, включаючи зодіакальні (рис. 2.3).

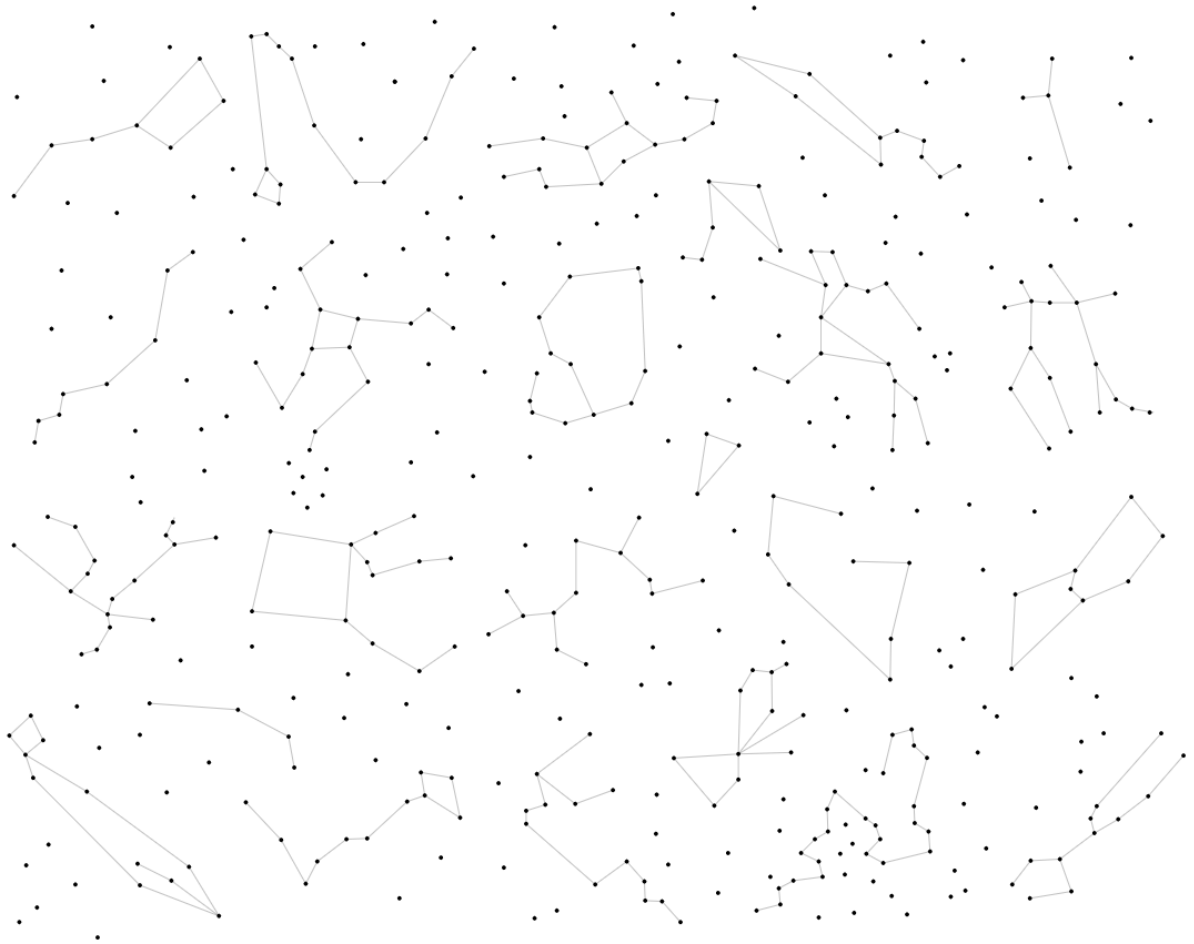


Рисунок 2.3 – Макет зоряного полотна

Серед представлених сузір'їв – Велика Ведмедиця, Дракон, Діва, Лев, Рак, Рись, Геркулес, Змієносець, Терези, Близнюки, Центавр, Південний Трикутник, Пегас, Стрілець, Кіль, Оріон, Кит, Овен, Риби, Водолій, Павич, Ерідан, Телець. Такий склад забезпечує широкий охоп зоряного неба, що відповідає основним навчальним потребам користувачів.

У вебзастосунку сузір'я зберігаються разом із цікавими фактами та описами, що дозволяє при підсвітці обраного сузір'я не лише візуально виділити його на інтерактивній поверхні, а й ознайомити користувача з додатковою інформацією. Це сприяє глибшому розумінню астрономічних об'єктів і підвищує мотивацію до навчання.

2.3 Інтерфейс користувача та принципи його побудови

Інтерфейс користувача для системи розроблено з акцентом на інтуїтивне керування. Дизайн поєднує функціональність з елементами, що створюють атмосферу космічного простору. Ключові візуальні деталі:

- задній план сторінки виконано у вигляді космічного простору з переходом градієнта;
- додані статичні та «падаючі» зірки (`.stars`, `.shooting-star`), які анімовані за допомогою CSS (`@keyframes twinkle`, `@keyframes shoot`). Зірки мають випадкове розташування та ефект мерехтіння;
- для зручності інтерфейс підтримує перемикання між світлою та темною темами (`data-theme="light"/"dark"`). Це реалізовано за допомогою CSS-змінних (`:root`, `[data-theme="dark"]`), що дозволяє користувачу обрати найбільш комфортний для очей режим, особливо важливий у різних умовах освітлення.

Основний функціонал зосереджений у компактному центральному контейнері (`.container`), що забезпечує зручність використання на різних пристроях.

Основні секції та їх елементи:

- заголовок: «StarGrove Control»;
- перемикач теми: Кнопка «Змінити тему» дозволяє легко перемикати візуальне оформлення;
- регулювання параметрів:
 - яскравість;
 - тривалість ефекту;
 - колір;
- вибір режиму роботи: Випадаючий список (`select id="modeSelect"`) пропонує різні режими відображення, такі як «Переливи», «Випадкове сузір'я», «Сенсорний режим»;
- керування сузір'ями:

- секція «Сузір'я» відображає кнопки для вибору конкретних сузір'їв;
- початково відображається лише три сузір'я, але кнопка "Більше" (#moreBtn) дозволяє розгорнути повний список усіх доступних сузір'їв (constellations);
- кожна кнопка сузір'я містить також кнопку-індикатор «і» (.info-btn), яка при натисканні відкриває модальне вікно з інформацією про відповідне сузір'я.
- тестове увімкнення.

Інтерфейс також надає користувачеві миттєвий зворотний зв'язок щодо його дій.

- спливаючий рядок стану (.status-bar) відображає короткі повідомлення про дії користувача (наприклад, «Яскравість: 50%», «Обраний колір: #ff0000», «Тема: Темна»). Це забезпечує оперативне інформування без перевантаження інтерфейсу;
- при натисканні на кнопку «і» поруч із назвою сузір'я з'являється модальне вікно (.modal), що містить розширений опис сузір'я з масиву constellationInfo. Це дозволяє отримати додаткову інформацію, не покидаючи основний інтерфейс;
- кнопки та повзунки мають ефекти при наведенні курсору та активному стані (зміна фону, тіні), що візуально підтверджує взаємодію;
- Файл script.js керує:
 - динамічним рендерингом списку сузір'їв;
 - перемиканням режиму відображення повного/скороченого списку сузір'їв;
 - показанням/приховуванням модальних вікон;
 - виведенням повідомлень у рядок стану;
 - обробкою подій зміни значень слайдерів, вибору кольору, зміни режиму.

Хоча код не містить явних медіа-запитів для повної адаптивності, використання `max-width` для контейнера (`.container`) та відносних одиниць (`vw`, `vh`) для позиціонування зірок у CSS робить інтерфейс достатньо гнучким для перегляду на екранах різного розміру. Елементи керування мають достатній розмір для зручного натискання, а колірний контраст тем та елементів забезпечує базову доступність.

Висновки до другого розділу

Описано архітектуру системи включно з її фізичними компонентами та спрощеною схемою з'єднань між ними створеною у симуляторі Wokwi. Визначено основні зв'язки між компонентами системи в UML-діаграмі послідовностей. Описано кодову частину інтерфейсу, де визначено які основні функції пропонує користувачеві вебзастосунок.

Розділ 3 РЕАЛІЗАЦІЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ ПОВЕРХНІ

3.1 Програмна реалізація керування освітленням і взаємодією з поверхнею

Програмна частина інтерактивної поверхні Star Grove побудована на основі мікроконтролера Arduino Nano ESP32, який виконує роль центрального керуючого модуля та вебсерверу. Основне завдання ПЗ – забезпечити зручний і гнучкий інтерфейс для дистанційного керування підсвіткою та взаємодії користувача з системою через стандартний веббраузер.

Першим етапом роботи системи є створення власної точки доступу. Це забезпечує зв'язок між користувачем і пристроєм без необхідності додаткового обладнання. Для реалізації обробки команд використано бібліотеки FastLED (для керування світлодіодами), WebServer (для запуску HTTP (Hypertext Transfer Protocol) сервера), та WebSocketsServer (для живої взаємодії). На ESP32 розгортається вебсервер, який приймає HTTP-запити від користувача. Вебінтерфейс, що відкривається у браузері, містить елементи керування – кнопки, перемикачі, налаштування режимів підсвітки. Цей інтерфейс реалізований як простий HTML-код, вбудований безпосередньо у прошивку.

Обробка команд від користувача відбувається через визначені маршрути вебсерверу. Наприклад, при натисканні кнопки увімкнення підсвітки браузер надсилає запит на адресу /led/on, який обробляється мікроконтролером і призводить до активації відповідного GPIO-піну (General-purpose input/output), що керує адресною світлодіодною стрічкою. Аналогічно працюють команди вимкнення, зміни кольору чи режиму роботи.

Для підвищення зручності та інтерактивності застосовується технологія WebSocket, яка забезпечує двонаправлений зв'язок між браузером і ESP32 в режимі реального часу. Це дозволяє миттєво оновлювати стан системи на екрані користувача, отримувати інформацію про поточні параметри підсвітки, а також оперативно реагувати на події без необхідності перезавантаження сторінки.

Особливу увагу приділено енергоефективності та надійності роботи системи. Використання ESP32 з його потужним процесором і низьким енергоспоживанням дозволяє забезпечити стабільну роботу навіть при тривалому використанні. Крім того, система підтримує масштабування – можливість підключення додаткових датчиків або розширення функціоналу.

Таким чином, програмна реалізація керування освітленням і взаємодією з поверхнею поєднує сучасні технології бездротового зв'язку, вебсерверні рішення та високопродуктивний апаратний модуль, що забезпечує зручний, надійний і гнучкий інструмент для навчання астрономії з використанням інтерактивної поверхні Star Grove.

3.2 Інструкція зі встановлення, налаштування та запуску

Для успішного запуску та ефективної роботи інтерактивної поверхні Star Grove необхідно виконати низку послідовних кроків, що включають встановлення апаратного забезпечення, налаштування програмного забезпечення та підключення користувацьких пристроїв.

Встановлення апаратного забезпечення:

1. Першим кроком потрібно підключити інтерактивну поверхню до джерела живлення
2. Далі перевірити цілісність кабелів та надійність з'єднань, щоб уникнути несправностей під час роботи.
3. Третім кроком є увімкнення пристрою, підключивши живлення.

Налаштування програмного забезпечення:

1. Потрібно переконатися, що мікроконтролер має завантажене актуальне ПЗ з вебсервером і підтримкою Wi-Fi.
2. Якщо пристрій працює у режимі точки доступу (Access Point), потрібно підключитися до Wi-Fi мережі з назвою «ESP-WebServer», використовуючи пароль, зазначений у документації.

3. Якщо пристрій підключений до локальної мережі, потрібно дізнатися IP-адресу, яку він отримав, через послідовний монітор або інші засоби.

Запуск і взаємодія з системою:

1. Відкрити веббраузер на смартфоні, планшеті або комп'ютері, підключеному до тієї ж мережі.
2. Ввести у адресний рядок IP-адресу пристрою або адресу точки доступу.
3. На відкритій сторінці вебінтерфейсу буде видно елементи керування підсвіткою: кнопки увімкнення/вимкнення, налаштування режимів, перегляд інформації про сузір'я.

Висновки до третього розділу

Детально описано програмну реалізацію керування освітленням інтерактивної поверхні Star Grove та інструкцію зі встановлення, налаштування і запуску системи. Інструкція зі встановлення і налаштування системи надає чіткі покрокові рекомендації, що сприяють швидкому і безпомилковому запуску інтерактивної поверхні.

ВИСНОВКИ

Актуальність дослідження обумовлена зростаючою потребою у впровадженні інноваційних та інтерактивних методів навчання астрономії, які здатні підвищити мотивацію учнів, забезпечити глибше засвоєння матеріалу та сприяти розвитку просторового мислення. Традиційні підходи часто не відповідають вимогам сучасної освіти через обмежену інтерактивність і недостатню залученість учнів у процес пізнання. Розробка інтерактивних систем, що поєднують апаратні та програмні рішення, відкриває нові можливості для ефективного викладання астрономії та формування уявлення про зоряне небо.

У ході виконання дипломної роботи було розроблено інтерактивну поверхню Star Grove для вивчення сузір'їв, яка поєднує апаратні та програмні рішення з інтерактивними підходами до навчання астрономії. Здійснено аналіз предметної області, описано архітектуру системи та базу сузір'їв, розроблено інтуїтивний інтерфейс користувача та реалізовано програмне забезпечення на базі мікроконтролера Arduino Nano ESP32.

Розроблена система забезпечує зручний доступ до інформації про 23 відомих сузір'їв, дозволяє створити симуляцію фрагменту зоряного неба за допомогою адресної світлодіодної стрічки та інтерактивно взаємодіяти з користувачем через вебінтерфейс. Впровадження технології WebSocket забезпечує живу двонаправлену комунікацію, що підвищує зручність і ефективність використання системи.

Практична значущість роботи полягає у створенні прототипу інтерактивної навчальної платформи, яка може бути використана в освітніх закладах для покращення якості викладання астрономії, формування просторового мислення та зацікавлення учнів у вивченні природничих наук.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сучасні технології викладання астрономії. Комунальний заклад освіти «Фінансово-економічний ліцей» Дніпропетровської міської ради. URL: <http://fel2005.dp.ua/docs/blog/13/012.pdf> (дата звернення: 12.02.2025).
2. Методика навчання астрономії в старшій загальноосвітній школі. –К.: Видавничий центр «Наше небо», 2018. –244 с. (дата звернення: 12.02.2025).
3. Використання прикладних ІТ-сервісів при викладанні астрономії. Освітній проект «На Урок» для вчителів. URL: <https://naurok.com.ua/vikoristannya-prikladnih-it-servisiv-pri-vikladanni-astronomi-265776.html> (дата звернення: 12.02.2025).
4. Що вибрати для школи: інтерактивну панель чи дошку?. Інтерактивне сенсорне обладнання INTBOARD. URL: <https://intboard-ukraine.com/shcho-vybraty-dlia-shkoly-interaktyvnu-panel-chy-doshku/> (дата звернення: 12.02.2025).
5. Мультимедійне обладнання для шкіл - Mental.ua | Інтерактивні технології для освіти. Mental – обладнання для освіти в Україні: товари для шкіл, садочків та закладів навчання. URL: <https://mental.ua/multymediine-obladnannia-dlia-shkil/> (дата звернення: 12.02.2025).
6. CES 2025: Глобальні тренди, інновації | Досягнення України. Expert24 Blog. URL: <https://www.blog.expert24.com.ua/ces-2025/> (дата звернення: 14.02.2025).
7. Arduino® Nano ESP32 ABX00092 купити в Києві та Україні. Arduino в Україні. URL: <https://arduino.ua/prod6888-arduino-nano-esp32> (дата звернення: 15.02.2025).
8. Wokwi - World's most advanced ESP32 Simulator. Wokwi - World's most advanced ESP32 Simulator. URL: <https://wokwi.com/> (date of access: 15.02.2025).
9. Посібник з мікроконтролерів ESP32. Глобальний дистриб'ютор електронних компонентів |ARIAT TECHNOLOGY LIMITED. URL:

- <https://ua.ariat-tech.com/blog/ESP32-Microcontroller-Guide.html> (дата звернення: 20.02.2025).
- 10.ESP32 Arduino (урок 2) – IT Master - електроніка та програмування. Головна – IT Master - електроніка та програмування. URL: <https://itmaster.biz.ua/electronics/esp32/esp32-arduino.html> (дата звернення: 01.03.2025).
 - 11.ESP32 Web Server - Arduino IDE | Random Nerd Tutorials. Random Nerd Tutorials. URL: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-web-server-arduino-ide/> (date of access: 01.03.2025).
 - 12.FastLED: FastLED Library. FastLED LED animation library for Arduino (formerly FastSPI_LED). URL: <https://fastled.io/docs/> (date of access: 01.03.2025).
 - 13.ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ АСТРОНОМІЇ. Фізико-математичний факультет - Кіровоградського педуніверситету. URL: <https://phm.cuspu.edu.ua/nauka/konferentsii/fizyka-tekhnohohii-navchannia/69-2015/eksperyment-ta-zasoby-ikt-u-navchanni-fizyky-ta-astronomii/289-informatsiyno-komunikatsiyni-tekhnohohiyi-v-protsesi-navchannya-astronomiyi.html> (дата звернення: 10.03.2025).
 - 14.Методичні рекомендації "Аналіз,особливості та методичні рекомендації до викладання предмету «Фізика і астрономія» (Астрономічний складник)". Освітній проект «На Урок» для вчителів. URL: <https://naurok.com.ua/metodichni-rekomendaci-analiz-osoblivosti-ta-metodichni-rekomendaci-do-vikladannya-predmetu-fizika-i-astronomiya-astronomichniy-skladnik-57804.html> (дата звернення: 07.01.2025).
 - 15.ПРИЙОМИ І МЕТОДИ АКТИВІЗАЦІЇ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ. Освітній проект «На Урок» для вчителів. URL: <https://naurok.com.ua/priyomi-i-metodi-aktivizaci-piznavalno-diyalnosti-uchniv-na-urokah-matematiki-339569.html> (дата звернення: 18.02.2025).

16. Welcome to - Digital Library NAES of Ukraine. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/712866/1/Yankovska18.pdf> (дата звернення: 01.01.2025).
17. Методи активізації пізнавальної діяльності учнів. Реферат. Освіта.UA. URL: <https://osvita.ua/vnz/reports/pedagog/13861/> (дата звернення: 27.03.2025).
18. Інтерактивні методи навчання. Педрада (Портал освітян України). URL: <https://oplatforma.com.ua/article/2316-interaktyvni-metody> (дата звернення: 09.01.2025).
19. Нова О. П'ять інтерактивних методів навчання. Альтернативна освіта в Україні. URL: <https://osvitanova.com.ua/posts/2278-piat-interaktyvnykh-metodiv-navchannia> (дата звернення: 27.02.2025).
20. Інтерактивні методи навчання - АРТ ЛЕГО Львів. АРТ ЛЕГО Львів. URL: <https://artlegostudio.lviv.ua/interaktyvni-metody-navchannya/> (дата звернення: 11.01.2025).
- 21.5.1 Огляд методів навчання. Головна сторінка. URL: <http://jds.multycourse.com.ua/ua/page/25/120> (дата звернення: 17.01.2025).
22. Інтерактивні методи навчання. Педрада (Портал освітян України). URL: <https://oplatforma.com.ua/article/2316-interaktyvni-metody> (дата звернення: 13.01.2025).
23. Інтерактивні методи навчання: переваги та використання в сучасній освіті. gosta. URL: <https://gosta.media/nauka-ta-osvita/interaktyvni-metody-navchannia-perevahy-ta-vykorystannia-v-suchasnij-osviti/> (дата звернення: 08.03.2025).
24. Методи навчання. Педрада (Портал освітян України). URL: <https://oplatforma.com.ua/article/2361-metodi-navchannya> (дата звернення: 30.01.2025).
25. Stellarium Mobile | Stellarium Labs. Stellarium Labs. URL: <https://stellarium-labs.com/stellarium-mobile-plus/> (date of access: 15.06.2025).

26. ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ ТА АСТРОНОМІЇ. Освітній проект «На Урок» для вчителів. URL: <https://naurok.com.ua/osoblivosti-zastosuvannya-tehnologiy-komp-yuternogo-modelyuvannya-pri-vivchenni-fiziki-ta-astronomi-400745.html> (дата звернення: 15.02.2025).
27. Методи астрономічних спостережень. Освітній проект «На Урок» для вчителів. URL: <https://naurok.com.ua/metodi-astronomichnih-sposterezhen-352677.html> (дата звернення: 15.02.2025).
28. Star Chart. Steam. URL: https://store.steampowered.com/app/460580/Star_Chart/?l=ukrainian (date of access: 11.01.2025).
29. SkySafari 7 - Professional Telescope Astronomy Software. SkySafari 7 | Professional Astronomy Telescope Control & Space Simulation Software for iOS. URL: <https://skysafariastromy.com/> (date of access: 11.01.2025).
30. StarTracker HD - Мобільна карта неба. Apple. Steam. URL: https://store.steampowered.com/app/2380050/Star_Trucker/?l=en (date of access: 11.01.2025).
31. Що таке Google Sky Map і як нею користуватися?. Acer Corner. URL: <https://blog.acer.com/ua/discussion/783/scho-take-google-sky-map-i-yak-neyu-koristuvatisya> (дата звернення: 14.01.2025).
32. Презентація до наукової роботи " Дослідження сузір'їв північної півкулі засобами мобільного додатку". Освітній проект «На Урок» для вчителів. URL: <https://naurok.com.ua/prezentaciya-do-naukovo-roboti-doslidzhennya-suzir-v-pivnichno-pivkuli-zasobami-mobilnogo-dodatku-319969.html> (дата звернення: 10.05.2025).
33. Іванюк О. О. Розробка інтерактивної поверхні для вивчення сузір'їв star grove. Збірник праць учасників міжфакультетської науково-практичної інтернет-конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених:

"Безпека, технології, інновації: нові горизонти", м. Житомир, 12 листоп. 2024 р. С. 50–52. (дата звернення: 12.11.2024)

- 34.Іванюк О. О. Використання інтерактивних методів для вивчення астрономії (архітектура системи, схемні рішення, засоби реалізації). Збірник праць учасників всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених : "Інформ. Технології та моделювання систем", м. Житомир, 15 трав. 2025 р. С. 76–80. (дата звернення: 15.05.2025)
- 35.Мультисенсорне навчання: зрозуміти учнів і навчати по-новому. Нова українська школа | Веб-ресурс НУШ. URL: <https://nus.org.ua/2018/04/20/multysensorne-navchannya-zrozumity-uchniv-i-navchaty-po-novomu/> (дата звернення: 11.03.2025).

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Лістинг коду реалізації увімкнення світлодіоїду

```
#define LED_PIN 2

void setup() {
  pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
  server.on("/led/on", []() {
    digitalWrite(LED_PIN, LOW); // для вбудованого LED на ESP32/8266
    server.send(200, "text/plain", "LED is ON");
  });
  server.on("/led/off", []() {
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
    server.send(200, "text/plain", "LED is OFF");
  });
  server.begin();
}
```