

**Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка**

Фізико-математичний факультет

Кафедра фізики та методики її навчання

Кваліфікаційна робота

**МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ ДЛЯ
ВІЗУАЛІЗАЦІЇ АСТРОНОМІЧНИХ ЯВИЩ ТА ПРОЦЕСІВ В
ШКІЛЬНОМУ КУРСІ АСТРОНОМІЇ**

Спеціальність: 014 Середня освіта (за предметними спеціальностями)

Освітня програма: Середня освіта (Фізика та астрономія, математика)

**Здобувача другого (магістерського)
рівня вищої освіти
Ячменьової Олени Семенівни**

**НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:
кандидат технічних наук, доцент
Мохун Сергій Володимирович**

**РЕЦЕНЗЕНТ:
доктор філософії, викладач кафедри
змісту і методик навчальних предметів
Тернопільського обласного
комунального інституту
післядипломної педагогічної освіти
Гайда Василь Ярославович**

Тернопіль – 2025

АНОТАЦІЯ

Ячменьова О. С. Методика використання віртуальних середовищ для візуалізації астрономічних явищ та процесів в шкільному курсі астрономії. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» зі спеціальності 014 Середня освіта. ТНПУ ім. В. Гнатюка. Тернопіль, 2025. _58с.

Магістерська робота складається із вступу, двох розділів, висновків та списку використаних джерел.

У першому розділі проаналізовано стан проблеми візуалізації астрономічних явищ та процесів у педагогічній теорії та освітній практиці шкільного курсу астрономії, визначено сутність поняття «віртуальне середовище» та його дидактичний потенціал для візуалізації навчального матеріалу в астрономії, виявлено та класифіковано астрономічні явища та процеси шкільного курсу, які є найбільш складними для сприйняття та потребують візуалізації засобами віртуальних середовищ.

В другому розділі проаналізовано функціональні можливості існуючих віртуальних середовищ з точки зору їх придатності для візуалізації визначеного астрономічного змісту; розроблено методичні матеріали для вчителя щодо використання віртуальних середовищ для візуалізації астрономічних явищ та процесів в шкільному курсі астрономії.

Ключові слова: шкільна астрономія, візуалізація, віртуальне середовище.

ABSTRACT

Yachmenova E. S. Methodology for using virtual environments to visualize astronomical phenomena and processes in the school Astronomy course. Qualification thesis for the degree of «Master» in the specialty 014 Secondary Education. TNPU named after V. Hnatiuk. Ternopil, 2025. 58 p.

The master's thesis consists of an introduction, two chapters, conclusions and a list of references.

The first section analyses the state of the problem of visualising astronomical phenomena and processes in pedagogical theory and educational practice in school astronomy courses, defines the essence of the concept of 'virtual environment' and its didactic potential for visualising educational material in astronomy, and identifies and classifies the astronomical phenomena and processes in the school course that are most difficult to understand and require visualisation using virtual environments.

The second chapter analyses the functional capabilities of existing virtual environments in terms of their suitability for visualising specific astronomical content; methodological materials for teachers on the use of virtual environments for visualising astronomical phenomena and processes in the school astronomy course have been developed.

Keywords: school astronomy, visualisation, virtual environment.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ У НАВЧАННІ АСТРОНОМІЇ.....	7
1.1. АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ АСТРОНОМІЇ В ПЕДАГОГІЧНІЙ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИЦІ.....	7
1.2. СУТНІСТЬ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ДИДАКТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ ЯК ЗАСОБУ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО ЗМІСТУ	13
1.3. ВИДИ ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ У НАВЧАННІ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН	18
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	22
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ АСТРОНОМІЧНИХ ЯВИЩ ТА ПРОЦЕСІВ	24
2.1. ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕЛІКУ КЛЮЧОВИХ АСТРОНОМІЧНИХ ЯВИЩ ТА ПРОЦЕСІВ ШКІЛЬНОГО КУРСУ, ЯКІ МОЖНА ВІЗУАЛІЗУВАТИ У ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩАХ.	24
2.2. АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ТА ДИДАКТИЧНИХ ПЕРЕВАГ ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ВИЗНАЧЕНОГО ЗМІСТУ	27
2.3. РОЗРОБКА МЕТОДИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВЧИТЕЛЯ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ АСТРОНОМІЧНИХ ЯВИЩ ТА ПРОЦЕСІВ В ШКІЛЬНОМУ КУРСІ АСТРОНОМІЇ.....	33
2.4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНИХ МЕТОДИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	49
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	52
ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55

ВСТУП

Актуальність. Обґрунтування значущості астрономії в сучасному світі та освітньому процесі; складність для учнів сприйняття абстрактних та масштабних астрономічних явищ та процесів без належної візуалізації; потенціал віртуальних середовищ (програм-симуляторів, віртуальної/доповненої реальності, інтерактивних моделей) як потужного інструменту візуалізації, що долає обмеження традиційних засобів (статичні зображення, схеми); відповідність дослідження сучасним тенденціям цифровізації освіти та вимогам до формування інформаційно-цифрової компетентності здобувачів освіти; недостатня розробленість науково обґрунтованої методики інтеграції віртуальних середовищ у шкільний курс астрономії в українській освітній практиці – усі ці фактори зумовлюють актуальність даного дослідження.

Саме тому **метою дослідження** є: теоретично обґрунтувати, розробити та експериментально перевірити ефективність методики використання віртуальних середовищ для візуалізації астрономічних явищ та процесів в шкільному курсі астрономії з метою підвищення рівня засвоєння знань та формування пізнавального інтересу здобувачів загальної середньої освіти.

Для досягнення мети дослідження необхідно було виконати наступні **завдання**:

1. Проаналізувати стан проблеми візуалізації астрономічних явищ та процесів у педагогічній теорії та освітній практиці шкільного курсу астрономії.
2. Визначити сутність поняття «віртуальне середовище» та його дидактичний потенціал для візуалізації навчального матеріалу в астрономії.
3. Виявити та класифікувати астрономічні явища та процеси шкільного курсу, які є найбільш складними для сприйняття та потребують візуалізації засобами віртуальних середовищ.

4. Проаналізувати функціональні можливості існуючих віртуальних середовищ з точки зору їх придатності для візуалізації визначеного астрономічного змісту.
5. Розробити методичні матеріали для вчителя щодо використання віртуальних середовищ для візуалізації астрономічних явищ та процесів в шкільному курсі астрономії та експериментально перевірити їх.

Об'єкт дослідження – процес навчання астрономії в закладах загальної середньої освіти.

Предмет дослідження – методика використання віртуальних середовищ для візуалізації астрономічних явищ та процесів у шкільному курсі астрономії.

Теоретичне значення:

- Теоретично обґрунтовано дидактичні можливості віртуальних середовищ як засобу візуалізації астрономічних явищ та процесів у шкільному курсі астрономії.
- Визначено перелік ключових астрономічних явищ та процесів шкільного курсу, що є найбільш доцільними для візуалізації із застосуванням віртуальних середовищ.
- Розроблено та науково обґрунтовано методику використання віртуальних середовищ для візуалізації астрономічних явищ та процесів в шкільному курсі астрономії.

Практичне значення:

- Розроблені методичні матеріали можуть бути безпосередньо використані вчителями астрономії закладів загальної середньої освіти для підвищення ефективності навчання.
- Результати дослідження можуть стати основою для розробки навчально-методичних посібників, програм курсів підвищення кваліфікації педагогів.

Структура кваліфікаційної роботи: кваліфікаційна робота складається зі вступу, двох розділів, висновків до кожного розділу, загальних висновків та списку використаних джерел.

Апробація матеріалів дослідження: основні наукові результати, отримані в ході написання кваліфікаційної роботи, були представлені на міжнародній науково-практичній конференції «Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології, природничих наук в контексті вимог Нової української школи»:

Ячменьова О.С., Мохун С.В. Візуалізація складних астрономічних явищ у закладах освіти: світовий досвід та українські реалії. *Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології, природничих наук в контексті вимог Нової української школи*: матеріали VII міжнар. наук.-практ. конф., м. Тернопіль, 22-23 травня 2025 р. С. 234-236.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ У НАВЧАННІ АСТРОНОМІЇ

1.1. АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ АСТРОНОМІЇ В ПЕДАГОГІЧНІЙ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИЦІ

Проблема візуалізації складних астрономічних явищ у шкільному курсі визнана однією з найважливіших дидактичних проблем у світовій педагогіці. Це зумовлено природою астрономічних понять, які є абстрактними, тривимірними, оперують недоступними масштабами та не відповідають повсякденному досвіду здобувачів освіти.

Також ця проблема має глибоке історичне коріння і пов'язана з еволюцією самої науки астрономії та засобів передачі знань. У ретроспективі можна виділити кілька ключових етапів, на яких проблема візуалізації набувала різних форм і вимагала різних рішень.

1. Дотелескопічна та класична епоха (античність – XVII ст.).

На цьому етапі проблема візуалізації була найгострішою, оскільки людина була обмежена лише власним зором та простими інструментами (див. табл. 1.1).

Таблиця 1.1.

Проблема візуалізації у дотелескопічну та класичну епохи

Епоха	Сутність проблеми	Засоби візуалізації
Геоцентризм (Аристотель, Птолемей)	Необхідність пояснити зворотний рух планет (петлі), який суперечив ідеї досконалого колового руху.	Створення складних геометричних моделей – епіциклів і деферентів. Ці моделі були математично точними, але надзвичайно складними для візуального відтворення.
Ранній геліоцентризм (Коперник, XVI ст.)	Необхідність пояснити, як і чому Земля рухається, але ми цього не відчуваємо, а також візуалізувати річний паралакс (який не спостерігався).	Схематичні креслення та діаграми, які вперше розташовували Сонце у центрі світобудови.
Кеплер та Галілей (XVII ст.)	Візуалізація еліптичних орбіт (закони Кеплера) та недосконалості Місяця і Сонця (плями на Сонці, гори на Місяці).	Математичні формули та креслення. Галілей вперше використав телескоп для прямої візуалізації (наприклад, фаз Венери, супутників Юпітера), що стало революцією у сприйнятті.

Основна проблема в цей час полягала у складності існуючих геометричних моделей та відсутності можливості прямого спостереження для підтвердження наукових теорій.

2. Епоха механічних моделей (XVIII – поч. XX ст.).

З розвитком механіки та усвідомленням дидактичних потреб виникла потреба у фізичних засобах візуалізації (див. табл. 1.2).

Таблиця 1.2.

Проблема візуалізації в епоху механічних моделей

Епоха	Сутність проблеми	Засоби візуалізації
Ньютонівська механіка (XVIII ст.)	Пояснення гравітаційної взаємодії та руху кількох тіл під дією сили тяжіння.	Планетарії – механічні моделі Сонячної системи. Вони були першими інтерактивними інструментами, що дозволяли демонструвати динаміку орбітального руху.
Поява шкільного курсу астрономії	Необхідність пояснити учням небесну сферу та основні рухи Землі.	Телурії (моделі системи Сонце-Земля-Місяць), глобуси, креслення на дошці.

Проблема візуалізації в цей час вирішувалася через спрощення та матеріалізацію складних процесів у вигляді механічних моделей, які були дорогими, не завжди точними у масштабах і не могли пояснити абстрактні явища, наприклад, еволюцію зір.

3. Епоха аналогових та комп'ютерних технологій (XX ст. – 1990-ті роки).

Цей період ознаменувався появою проєкційних та комп'ютерних засобів, які почали долати обмеження масштабу та динаміки (див. табл. 1.3).

Таблиця 1.3.

Проблема візуалізації в епоху аналогових та комп'ютерних технологій

Епоха	Сутність проблеми	Засоби візуалізації
Фотографічна астрономія	Візуалізація глибокого космосу (туманностей, галактик) та їхньої структури.	Діапозитиви, навчальні фільми, стаціонарні планетарії (які проєктували зображення неба на купол).
Поява ПК у школах (1980-1990-ті)	Візуалізація складних графіків та обчислень, які раніше вимагали рутинної праці.	Перші комп'ютерні програми-планетарії (наприклад, RedShift), які дозволяли динамічно змінювати час і місце спостереження.

На цьому етапі вперше з'явилася можливість динамічного керування часом і простором, але програми були неінтерактивними у сучасному розумінні та часто мали обмежену графіку.

4. Епоха віртуальних середовищ (кінець XX ст. – наш час).

Сучасний етап вирішує проблему візуалізації через імерсію, інтерактивність та 3D-моделювання (див. табл. 1.4).

Таблиця 1.4.

Проблема візуалізації в епоху віртуальних середовищ

Епоха	Сутність проблеми	Засоби візуалізації
Цифрова революція	Необхідність візуалізувати абстрактні процеси (еволюція зір, викривлення простору-часу) та руйнувати хибні уявлення.	Віртуальні середовища (Stellarium, Celestia), симулятори (PhET), VR/AR-технології.
Актуальність для України	Інтеграція ІТ у шкільний курс, оновлення методики для переходу від статичних схем до динамічних моделей.	Розробка методичних матеріалів для використання цих програм як інструментів дослідження та моделювання, а не просто ілюстрацій.

Сучасні ІТ-засоби вперше в історії освіти дозволяють учням не просто бачити моделі, а взаємодіяти з ними, змінювати параметри та отримувати перший досвід просторового мислення, необхідний для засвоєння астрономії.

Проблема візуалізації в астрономії має глибоке коріння в когнітивній психології та дидактиці природничих наук.

Астрономічні явища майже завжди виходять за межі людського досвіду.

По-перше, більшість ключових концепцій (системи небесних координат, фази Місяця, рух Землі навколо Сонця) є тривимірними (3D) і вимагають здатності уявляти об'єкти з різних точок зору та відстежувати їхній рух у просторі [9]. Педагогічна теорія стверджує, що для формування точної ментальної моделі (ментальна модель – це уявлення про світ, об'єкти та їхні зв'язки, що формується на основі попереднього досвіду та керує поведінкою і прийняттям рішень) явища необхідна його динамічна та просторова візуалізація.

По-друге, здобувачі освіти не можуть інтуїтивно усвідомити колосальні відстані (астрономічні одиниці, світлові роки, парсеки) та часові проміжки (еволюція зір, мільярди років). Візуалізація має бути здатна стискати час і масштабувати простір, що неможливо зробити статичними засобами.

Неефективна візуалізація є головною причиною закріплення хибних уявлень, які називають «ментальними моделями помилки».

Дослідження показують, що учні часто неправильно інтерпретують статичні 2D-схеми, що призводить, наприклад, до помилкового уявлення про те, що зміна пір року спричинена зміною відстані від Землі до Сонця, а не нахилом осі [17]. Педагогічна теорія наголошує, що лише інтерактивна візуалізація зі зворотним зв'язком може ефективно зруйнувати ці помилки.

У педагогічній практиці проблема візуалізації проявляється через обмеження традиційних навчальних засобів і недостатнє впровадження інноваційних технологій.

Аналіз більшості українських підручників з астрономії [2, 5, 13, 14] показує домінування 2D-схем та недостатність динаміки – вони лише описують рух, але не можуть його продемонструвати. Навіть якщо підручники згадують про використання програм-планетаріїв, вони майже не містять конкретні методичні сценарії чи завдання, орієнтовані на їхнє дослідницьке застосування.

Спробуємо проаналізувати сильні та слабкі сторони в цьому аспекті основних українських підручників з астрономії.

1. Підручник «Пришляк М. П. Астрономія (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Яцківа Я. С.) : підруч. для 11 кл. закл. заг. серед. освіти. Харків : Ранок, 2019. 144 с.» [13]

Сильні сторони візуалізації: чітке, схематичне подання формул та графіків. Використання таблиць і даних (наприклад, для визначення часу).

Слабкі сторони візуалізації: проблема 3D-динаміки – для пояснення добового та річного руху Землі, фаз Місяця та затемнень використовуються

статичні поперечні зрізи та схеми, які вимагають від учня надзвичайної просторової уяви (це часто призводить до формування хибного уявлення про причини зміни пір року); візуалізація еволюції зір (Діаграма Г-Р) або внутрішньої будови Сонця є переважно описовою та схематичною, без інтерактивних елементів, що ускладнює розуміння цих довготривалих та невидимих процесів.

2. Підручник «Сиротюк В. Д., Мирошніченко Ю. Астрономія (рівень стандарту, за навч. програмою авт. кол. під керівництвом Яцківа Я. С.) : підруч. для 11-го кл. закл. заг. серед. освіти. Київ : Генеза, 2019. 160 с.» [14]

Це видання має традиційну структуру з акцентом на послідовність розділів (сферична астрономія → Сонячна система → астрофізика).

Слабкі сторони візуалізації: використання класичних, часто застарілих, схем для ілюстрації, ці схеми є інформативними, але не «живими». Наприклад, візуалізація законів Кеплера обмежується кресленнями еліпсів та рівновеликих площ, але не демонструє динаміку швидкості руху тіла, що є суттю другого закону; зображення небесної сфери є складними для інтерпретації, оскільки 2D-схема перевантажена лініями (небесний екватор, екліптика, полюси світу), які учень не може уявно «обертати».

3. Підручники «Головко М. В., Крячко І. П., Мельник Ю. С. та ін. Фізика і астрономія (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом О. І. Ляшенка) : підруч. для 11 кл. закл. заг. серед. освіти. Київ : Педагогічна думка, 2019. 288 с.» [2], Засєкіна Т. М., Засєкін Д. О. Фізика і астрономія (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Ляшенка О. І.) : підруч. для 11 кл. закл. заг. серед. освіти. Київ : УОВІЦ «Оріон», 2019. 272 с. [5] та ін.

Видання, що часто орієнтуються на формування компетентностей та дослідницький підхід.

Сильні сторони візуалізації: наявність малюнків та фотографій високої якості (знімки космічних апаратів, телескопів) – це сприяє мотивації та формуванню загальної наукової картини світу.

Слабкі сторони візуалізації: відсутність інтерактивності – хоча автори часто згадують про необхідність використання ІТ (програм-планетаріїв), підручник не є інтерактивним. Він містить лише посилання на необхідність використання ІТ, але не пропонує методичних сценаріїв для роботи з ними; як і в інших виданнях, візуалізація великомасштабної структури Всесвіту (галактичні скупчення, войди) є статичною, що не дозволяє усвідомити тривимірну ієрархію простору.

Отже, проблема візуалізації в українських підручниках з астрономії зводиться до двох ключових аспектів, які мають прямий негативний вплив на освітній процес: статичність та обмеження масштабу (див. табл. 1.5).

Таблиця 1.5.

Проблема візуалізації в українських підручниках

Аспект проблеми	Сутність	Наслідок для навчання
Статичність	Використання нерухомих 2D-схем для динамічних 3D-процесів (рух планет, зміна фаз).	Формування хибних уявлень та необхідність залучення складної просторової уяви [19].
Обмеження масштабу	Неможливість адекватно відобразити гігантські розміри та відстані (еволюція зір, Галактика).	Абстрактність матеріалу та відсутність реалістичного відчуття масштабу Всесвіту.

Таким чином, актуальність розробки методики використання віртуальних середовищ полягає у тому, щоб надати вчителю інструмент, який здатен доповнити статичний зміст підручника динамічною, інтерактивною та просторовою візуалізацією [25], ефективно долаючи обидва зазначені бар'єри.

Також існує проблема недосконалості матеріальної бази – використання застарілих телуріїв чи механічних моделей часто є неточним у масштабі та не відображає сучасних астрофізичних концепцій.

Попри існування потужних безкоштовних інструментів (Stellarium, Celestia та ін.), їхнє впровадження у практику залишається епізодичним через брак методичної підготовки вчителів та відсутність єдиної методики.

Сучасні дослідження (зокрема, зарубіжні) підтверджують, що найбільш ефективним засобом для вирішення проблеми візуалізації є імерсивні технології – віртуальна (VR) та доповнена (AR) реальність. Ці технології створюють відчуття присутності та дозволяють учням взаємодіяти з 3D-моделями у реальному часі. Це визнано найбільш перспективним шляхом для подолання проблеми просторового мислення [24].

Отже, можна зробити висновок, що проблема візуалізації складних астрономічних явищ в українській шкільній освіті полягає у методичній прірві між 3D-сутністю навчального матеріалу та його 2D-поданням у традиційних засобах.

Актуальність дослідження методики використання віртуальних середовищ впливає з необхідності забезпечити динамічну, просторову візуалізацію для формування точних ментальних моделей, надати вчителям педагогічно обґрунтовані методичні сценарії для інтеграції потужних ІТ-засобів у навчальний процес, створити умови для самостійного дослідження учнями астрономічних явищ, перетворюючи пасивне споглядання на активне навчання.

1.2. СУТНІСТЬ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ДИДАКТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ ЯК ЗАСОБУ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО ЗМІСТУ

Аналіз сутності віртуальних середовищ як засобу візуалізації навчального змісту є ключовим для розуміння їхньої ролі у сучасній дидактиці, особливо у викладанні складних природничих дисциплін.

Віртуальне середовище у навчанні – це програмно-апаратний комплекс, який створює імітаційне, штучне (синтетичне) або гібридне середовище,

призначене для відтворення, моделювання та маніпулювання навчальним змістом [20].

Ключова сутність віртуальних середовищ полягає у здатності перетворити абстрактні концепції на конкретний та інтерактивний досвід, що інтуїтивно сприймається.

Проблема візуалізації навчального змісту в сучасній педагогіці призвела до активного розвитку віртуальних середовищ. Їхня класифікація ґрунтується на ключових характеристиках – ступені занурення (імерсивності), інтерактивності та технологічній основі, що визначає їхній дидактичний потенціал (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Основні характеристики віртуальних середовищ

Візуалізація навчального змісту за допомогою віртуальних середовищ виконує дві критично важливі дидактичні функції: когнітивну (пізнавальну) та мотиваційну.

У педагогічній теорії та практиці віртуальні середовища класифікують за трьома основними підходами: за ступенем імерсивності, за методичним призначенням та за технологічною платформою.

1. Класифікація за ступенем імерсивності та типом реальності.

Цей підхід, що базується на моделі Мілграма [21], є найбільш поширеним і визначає, наскільки користувач «відчуває» себе присутнім у віртуальному просторі (див. табл. 1.6).

Таблиця 1.6.

Класифікація, що базується на моделі Мілграма

Тип середовища	Характеристика	Приклад
Невід’ємні середовища (Desktop VR/3D моделювання)	Мінімальний ступінь занурення. Візуалізація відбувається на стандартному 2D-екрані. Користувач взаємодіє за допомогою миші та клавіатури.	Програми-планетарії (Stellarium, Celestia), інтерактивні симуляції (PhET), 3D-моделі у браузері.
Доповнена реальність (Augmented Reality, AR)	Змішана реальність. Накладання віртуальних 3D-об’єктів на реальне фізичне оточення користувача.	Додатки, що проєктують модель Сонячної системи на робочий стіл або показують сузір’я через камеру смартфона.
Віртуальна реальність (Virtual Reality, VR)	Повне занурення в синтетично створений 3D-світ. Блокування сприйняття реального світу за допомогою шоломів/окулярів (HMD).	Віртуальні екскурсії на МКС, симуляції-подорожі чорною дірою, віртуальна лабораторія фізичних експериментів.

2. Класифікація за методичним призначенням

Цей підхід фокусується на функціоналі, який віртуальні середовища виконують в освітньому процесі (рис. 1.2).

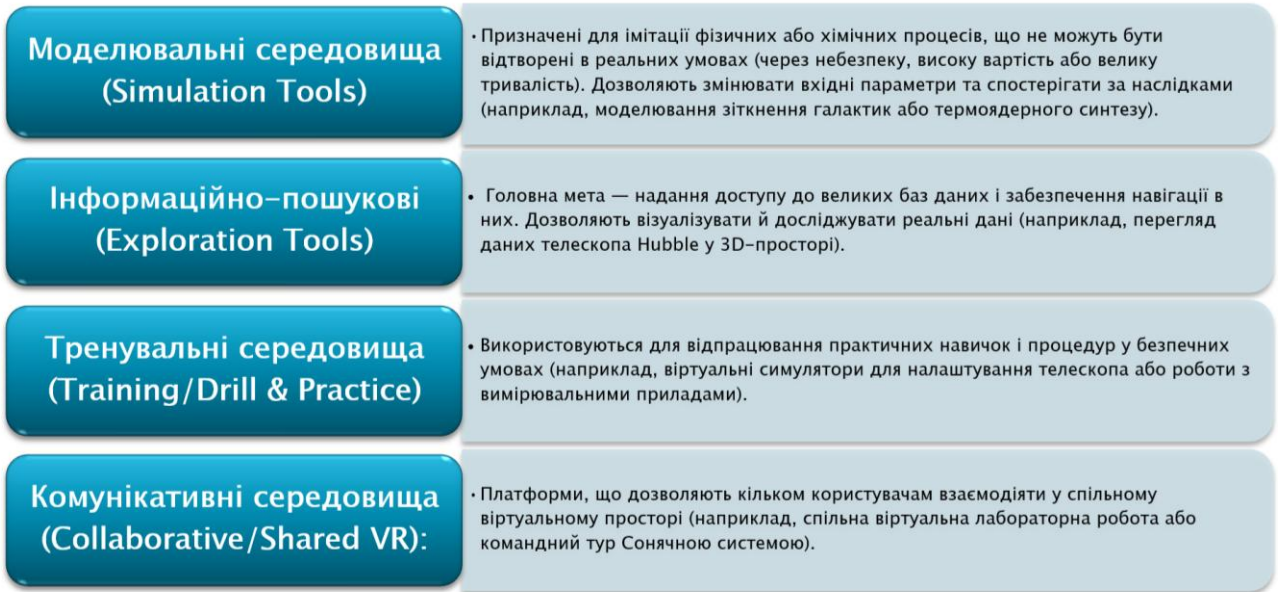


Рис. 1.2. Класифікація віртуальних середовищ за методичним призначенням

3. Класифікація за технологічною та програмною основою.

Цей підхід важливий для розуміння вимог до апаратної бази ЗЗСО (див. табл. 1.7).

Таблиця 1.7.

Класифікація за технологічною та програмною основою

Технологічний тип	Опис та приклади	Педагогічна практика
Програмно-орієнтовані ВС	Спеціалізоване програмне забезпечення, яке не потребує унікального обладнання. Приклади: Unity, Blender, Cospaces, що використовуються для створення 3D-контенту.	Розвиток цифрової компетентності учнів через створення власних візуалізацій (моделювання).
Веб-орієнтовані ВС	Доступ до середовища через браузер. Приклади: WebGL-моделі, деякі інтерактивні карти Всесвіту (WorldWide Telescope).	Забезпечення кросплатформенності та доступності візуалізації у будь-якій школі з доступом до мережі Інтернет.
Ігрофікаційні ВС	Створення навчального контенту на базі ігрових рушіїв (наприклад, Unity, Unreal Engine), що підвищує мотивацію.	Використання елементів гри для мотивації та залучення до складних тем.

Комплексна класифікація віртуальних середовищ у педагогічній теорії дозволяє методично обґрунтувати вибір конкретного засобу візуалізації для досягнення поставленої дидактичної мети. Наприклад, для подолання

проблеми статичності у підручниках доцільно використовувати AR (класифікація за імерсивністю), а для пояснення еволюції зір – моделювальні середовища (класифікація за призначенням).

Дидактичний потенціал віртуальних середовищ як засобу візуалізації навчального змісту полягає в їхній здатності долати фундаментальні обмеження традиційних методів викладання, особливо у природничих науках. Віртуальні середовища трансформують пасивне сприйняття інформації на активне дослідження, підвищуючи якість засвоєння складних, абстрактних та недоступних для прямого спостереження концепцій.

Віртуальні середовища дають можливість учням діяти як дослідникам. У віртуальних лабораторіях можна:

- Змінювати варіативні параметри (маса, температура, початкова швидкість).
- Проводити «неможливі» або небезпечні експерименти (наприклад, вибухи, ядерні реакції).
- Збирати реальні дані з симуляції для подальшого аналізу та інтерпретації, розвиваючи науково-дослідницьку компетентність.

Віртуальні середовища дозволяють учням працювати у власному темпі. Учень може багаторазово повторювати складну симуляцію або використовувати режим допомоги/підказки. Вчитель може створювати завдання різного рівня складності (від простого спостереження у Stellarium до складного моделювання у PhET) відповідно до потреб учнів.

Робота зі спеціалізованим програмним забезпеченням (наприклад, використання програм-планетаріїв, аналіз даних, отриманих з віртуальних лабораторій) є прямим шляхом до формування інформаційно-цифрової компетентності [16].

Отже, можна зробити висновок, що віртуальні середовища являють собою не просто цифровий інструмент, а програмно-технічний комплекс, який створює інтерактивний, штучний простір. Його ключова функція полягає у

візуалізації абстрактних, невидимих або складних для безпосереднього спостереження процесів та об'єктів.

Таким чином, віртуальні середовища є багатофункціональним, науково обґрунтованим засобом візуалізації, що кардинально підвищує ефективність навчання, сприяючи формуванню у майбутніх педагогів інноваційної методичної компетентності та здатності працювати в умовах цифрової трансформації освіти.

1.3. ВИДИ ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ У НАВЧАННІ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ ДИСЦИПЛІН

Використання віртуальних середовищ є фундаментальним елементом сучасної дидактики природничо-математичних дисциплін, оскільки вони забезпечують безпечний, керований та візуально насичений простір для дослідницької діяльності [3, 22]. У контексті підготовки майбутніх педагогів природничо-математичних дисциплін, володіння цими інструментами є невід'ємною професійною компетентністю [8].

Класифікація віртуальних середовищ будується на поєднанні функціонального призначення (педагогічна мета) та рівня імерсивності (технологічна реалізація) [3].

1. Симуляційні та лабораторні віртуальні середовища.

Ці середовища представлені у вигляді 2D або 3D-інтерфейсу на стандартному екрані та призначені для моделювання процесів, які є невидимими, небезпечними або вимагають дорогого обладнання. Вони ідеально підходять для групового студентського практикуму [22] (див. табл. 1.8).

Таблиця 1.8.

Симуляційні та лабораторні віртуальні середовища

Дисципліна	Тип та застосування	Приклади (інструменти)
Фізика	Моделювання експериментів із електрики та магнетизму, оптики та механіки. Дозволяють змінювати параметри кола чи системи та миттєво бачити результат [4].	PhET Interactive Simulations, Crocodile Physics, Falstad Circuit Simulator
Хімія	Проведення віртуальних хімічних реакцій (титрування, синтез, кінетика), що вимагають високої точності або є небезпечними. Візуалізація молекулярних структур [23].	Labster, ChemCollective, MarvinSketch
Біологія	Моделювання генетичних схрещувань, екологічних систем, процесів у клітині. Імітація роботи зі складними приладами (мікроскоп, електрофорез) [23].	Labster, BioInteractive, інтерактивні моделі анатомії та фізіології
Математика	Динамічна візуалізація графіків, геометричних перетворень, векторних полів, інтегрування та диференціювання. Використання інтерактивних аплетів [12].	GeoGebra, Desmos, MATLAB (для складного моделювання)
Астрономія	Моделювання руху небесних тіл, зміна фаз Місяця, сонячних та місячних затемнень.	Stellarium (2D режим), Celestia [10]

2. Імерсивні середовища доповненої та змішаної реальності (AR/MR)

Ці технології накладають цифровий контент на реальний світ, сприяючи розвитку просторового мислення та візуалізації невидимих явищ [3] (див. табл. 1.9).

Таблиця 1.9.

Імерсивні середовища AR/MR

Дисципліна	Тип та застосування	Ключові переваги
Біологія/Анатомія	Накладання 3D-моделей органів, клітинної структури або ДНК на реальні підручники чи моделі.	Посилення зв'язку між теоретичним матеріалом та фізичним простором. Зменшення потреби у дорогих моделях.
Хімія	Візуалізація 3D-молекулярних моделей, які можна обертати та розбирати вручну. Накладання інструкцій безпеки на реальне лабораторне обладнання (MR).	Краще розуміння стереоізомерії та просторової конфігурації речовин.

Фізика	Демонстрація ліній магнітного поля, векторів сил, траєкторій (AR-аплікації) безпосередньо у фізичному просторі аудиторії.	Зв'язування абстрактних понять (поле, вектор) з фізичною реальністю.
Математика/ Геометрія	Візуалізація геометричних тіл (піраміди, кулі) та їхніх перерізів у просторі класу.	Розвиток просторової уяви та навичок проєктування.
Астрономія	Ідентифікація сузір'їв та планет, наведенням смартфона на небо (AR-режим, Stellarium) [10].	Негайне отримання інформації про небесні об'єкти в реальному часі.

3. Імерсивна віртуальна реальність (VR)

VR-середовища (із використанням шоломів) забезпечують максимальний рівень занурення, що є незамінним для засвоєння понять масштабу, середовища та просторового розміщення, які важко відтворити в класі [8] (див. табл. 1.10).

Таблиця 1.10.

Імерсивна віртуальна реальність

Дисципліна	Тип та застосування	Дидактична цінність
Астрономія	Віртуальні польоти до планет, дослідження космічних явищ (чорні діри, туманності) [10].	Формування відчуття масштабу Всесвіту, яке неможливо передати на 2D-екрані.
Фізика	«Експерсії» всередину прискорювачів частинок, реакторів, моделювання процесів в умовах мікросвіту або невагомості.	Проведення віртуальних експериментів, неможливих у реальному житті (ядерна фізика, квантові явища).
Біологія	«Подорож» всередину клітини, дослідження ДНК, моделювання функціонування органів (віртуальна анатомія) [23].	Глибоке розуміння внутрішньої структури та динаміки процесів в організмі.
Хімія	Керування молекулами, складання кристалічних ґраток вручну, проведення небезпечних, але важливих реакцій.	Розвиток мануальних навичок та просторової хімії.
Математика	Дослідження 4D-фігур (тесеракти), навігація у складних математичних моделях.	Інтуїтивне засвоєння багатовимірної геометрії та топології.

Отже, віртуальні середовища є інноваційним, багатофункціональним та науково обґрунтованим засобом візуалізації, що не лише посилює наочність освітнього процесу, але й є необхідним інструментом для формування у

майбутніх педагогів природничо-математичних дисциплін інноваційної методичної компетентності, здатності ефективно навчати учнів.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

На основі теоретичного аналізу та ретроспективного огляду проблеми візуалізації навчального змісту в астрономії та природничо-математичних дисциплінах, можна сформулювати наступні узагальнюючі висновки.

1. Основна складність засвоєння астрономії та інших природничо-математичних дисциплін (фізика, хімія, біологія) полягає у методичній прірві між тривимірною, абстрактною та великомасштабною сутністю навчального матеріалу і його статичним, двовірним (2D) поданням у традиційних підручниках та засобах. Ця статичність та невідповідність масштабам призводить до формування хибних моделей у здобувачів освіти.

2. Історичний розвиток засобів візуалізації (від геометричних моделей та епіциклів до механічних планетаріїв) підтверджує постійну потребу в динамічному та інтерактивному відображенні космічних рухів, що зрештою привело до епохи віртуальних середовищ.

3. Віртуальні середовища є програмно-апаратним комплексом, який вперше в історії освіти дозволяє реалізувати динамічну, просторову та імерсивну візуалізацію. Їх ключова сутність полягає у перетворенні абстрактних концепцій на конкретний та інтерактивний досвід.

4. Віртуальні середовища класифікуються за ступенем імерсивності (від симуляцій до VR/AR) та методичним призначенням (моделювання, дослідження, гейміфікація), що дозволяє цілеспрямовано обирати інструменти: симуляційні платформи (PhET, Celestia) долають обмеження масштабу та часу, імерсивні технології (AR/VR) ефективно вирішують проблему просторового мислення, створюючи відчуття присутності та взаємодії з 3D-об'єктами.

5. Актуальність дослідження методики застосування віртуальних середовищ впливає з необхідності доповнити статичний зміст українських підручників динамічною візуалізацією, надаючи вчителю педагогічно

обґрунтовані сценарії для інтеграції потужних ІТ-засобів (Stellarium, VR-лабораторії) у навчальний процес.

6. Дидактичний потенціал віртуальних середовищ реалізується через когнітивну та мотиваційну функції: вони не лише сприяють формуванню точних моделей, але й перетворюють пасивне споглядання на активне дослідження, розвиваючи науково-дослідницьку та інформаційно-цифрову компетентності здобувачів освіти.

Таким чином, віртуальні середовища є необхідним, інноваційним та науково обґрунтованим засобом для модернізації викладання природничо-математичних дисциплін, забезпечуючи підготовку майбутніх педагогів до роботи в умовах STEM-освіти та вимог Нової української школи.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ АСТРОНОМІЧНИХ ЯВИЩ ТА ПРОЦЕСІВ

2.1. ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕЛІКУ КЛЮЧОВИХ АСТРОНОМІЧНИХ ЯВИЩ ТА ПРОЦЕСІВ ШКІЛЬНОГО КУРСУ, ЯКІ МОЖНА ВІЗУАЛІЗУВАТИ У ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

В умовах реформування середньої освіти та впровадження STEM-підходу, використання віртуальних навчальних середовищ набуває критичного значення для вивчення астрономії. Астрономічні явища часто є масштабними, довготривалими або невидимими неозброєним оком, що ускладнює їхнє засвоєння. Візуалізація дозволяє подолати ці дидактичні бар'єри.

Метою цього розділу є аналіз змісту чинних підручників з астрономії для 11 класу та визначення переліку ключових астрономічних явищ і процесів, які можуть бути ефективно візуалізовані у віртуальних навчальних середовищ для підвищення якості компетентнісно-орієнтованого навчання.

Аналіз навчальної літератури показав, що, незважаючи на загальну відповідність навчальній програмі, кожен підручник має специфічні акценти, що визначають пріоритети для віртуальної візуалізації.

Підручник М. П. Пришляка [13] має класичну, фундаментальну структуру, акцентуючи увагу на основах небесної механіки, сферичної астрономії та традиційних методів спостережень. Це робить його ідеальною основою для візуалізації явищ, що формують просторові уявлення. Виходячи з його структури, визначено наступні ключові явища, які потребують динамічної візуалізації (див. табл. 2.1).

Таблиця 2.1.

Аналіз підручника М. П. Пришляка «Астрономія» (Рівень стандарту)

Тематичний розділ	Ключові явища та процеси	Візуалізація	Дидактична цінність
Небесна сфера	Динаміка небесної сфери залежно від широти (полярна зірка, зеніт,	Потрібне 3D-моделювання зі зміною координат	Розвиток просторового мислення, уявлення

	надир). Річний рух Сонця по екліптиці. Добове обертання зоряного неба.	спостерігача. Моделювання переходу від екваторіальної системи до горизонтальної.	про системи координат, що є основою для інженерних та навігаційних компетентностей.
Методи досліджень	Телескопи (будова та принцип роботи). Електромагнітний спектр як джерело інформації (відмінність видимого від радіо/рентгенівського діапазонів).	Візуалізація шляху світла в оптичних системах (рефлектори, рефрактори). Мультиспектральна візуалізація одного об'єкта.	Інтеграція знань з оптики та радіофізики.
Галактики та Всесвіт	Спиральна структура Чумацького Шляху. Місце Сонячної системи у Галактиці.	4D-навігація у моделі Галактики для демонстрації розташування Сонця.	Формування масштабних уявлень про Всесвіт.

Підручник [14] має сучасний астрофізичний та космологічний акцент. Він включає найбільш абстрактні, неінтуїтивні та науково актуальні теми, які найкраще піддаються віртуальним навчальним середовищам, оскільки їх неможливо ілюструвати статичними зображеннями (див. табл. 2.2).

Таблиця 2.2.

Аналіз підручника В. Д. Сиротюка, Ю. Б. Мірошніченка «Астрономія»
(Рівень стандарту)

Тематичний розділ	Ключові явища та процеси	Візуалізація	Дидактична цінність
Еволюція зір	Динамічний рух зір по діаграмі Г-Р (від послідовності до червоного гіганта чи білого карлика). Утворення чорних дір (колапс) та нейтронних зір.	Анімація часових масштабів (мільярди років). Моделювання викривлення простору-часу навколо чорної діри.	Розвиток системного мислення та розуміння фізичних законів при екстремальних умовах.
Сучасна фізика	Гравітаційні хвилі як коливання простору-часу (злиття чорних дір чи нейтронних зір). Темна матерія та енергія (вплив на обертання Галактик).	Симуляція викривлення метрики простору як реакції на космічну подію. Абстрактна візуалізація розподілу темної матерії.	Ознайомлення з переднім краєм науки.

Явища Сонячної системи	Геологічна активність супутників-гігантів. Зіткнення з астероїдами та кометами.	3D-модельювання геологічних процесів на інших тілах; симуляція траєкторій малих тіл та загрози.	Інтеграція геології та фізики; формування навичок оцінки ризиків.
------------------------	---	---	---

Інтегрований підхід у виданні [5] вимагає візуалізації, що підкреслює взаємозв'язок астрономії та фізики, що ідеально відповідає цілям STEM-освіти (див. табл. 2.3).

Таблиця 2.3.

Аналіз підручника Т. Засекіної, Д. Засекіна «Фізика і астрономія» (Рівень стандарту)

Тематичний розділ	Ключові явища та процеси	Візуалізація	Дидактична цінність
Фізика Сонячної системи	Диференціальне обертання Сонця та планет-гігантів (різна швидкість на різних широтах). Термоядерний синтез у Сонці.	Анімація динаміки газових тіл (течії, магнітні поля). Візуалізація мікропроцесів (у макрооб'єкті).	Демонстрація застосування гідродинаміки та ядерної фізики у космічному масштабі.
Космологія	Розширення Всесвіту (закон Габбла). Великомасштабна структура (надскупчення, войди).	Динамічне 4D-модельювання розширення.	Розвиток математичних навичок (пропорційність, закон Габбла) та критичного мислення щодо меж знань.
Земля і Місяць	Припливи та відпливи (гравітаційна взаємодія Місяця і Сонця). Земні та позаземні спостереження (телескопи на орбіті).	Анімація гравітаційної взаємодії та її впливу на гідросферу. 3D-моделі орбітальних обсерваторій.	Інтеграція географії, фізики та технології; розуміння принципів орбітальної механіки.

Узагальнення даних цих підручників (див. табл. 2.4) дозволяє сформувати єдиний, комплексний перелік ключових астрономічних явищ і процесів, візуалізація яких у віртуальних середовищах є дидактично обґрунтованою та критично необхідною для досягнення цілей навчальної програми [1] та розвитку природничої компетентності здобувачів освіти [9].

Таблиця 2.4.

Загальний аналіз астрономічних явищ і процесів, які потребують візуалізації

Категорія явищ	Ключові явища та процеси для візуалізації	Тип віртуальних навчальних середовищ
Кінематика неба	Добовий та річний рух світил. Зміна координат та часу залежно від положення на Землі.	Планетарій (Stellarium, Celestia)
Фізика Сонячної системи	Орбітальна динаміка (закони Кеплера). Диференціальне обертання Сонця та газових гігантів.	Динамічна симуляція, 3D-моделювання
Зоряна астрофізика	Еволюція зір на діаграмі Г-Р. Колапс зір та утворення чорних дір / нейтронних зір.	Анімація часових масштабів, релятивістська візуалізація
Сонце та геліофізика	Внутрішня будова Сонця. Термоядерний синтез в ядрі. Моделювання «космічної погоди» (вплив на Землю).	Моделювання мікропроцесів, прогнозна симуляція
Космологія та релятивізм	Розширення Всесвіту. Візуалізація гравітаційних хвиль та викривлення простору-часу.	4D-моделювання, абстрактна візуалізація
Методи досліджень	Принцип дії телескопів та орбітальних обсерваторій. Мультиспектральна візуалізація.	Інтерактивні моделі приладів, обробка зображень

Аналіз навчальної літератури підтверджує, що сучасна програма з астрономії є насиченою абстрактними, динамічними та масштабними явищами. Більшість ключових тем (від небесної механіки до космології та гравітаційних хвиль) є ідеальними кандидатами для впровадження віртуальних навчальних середовищ [11]. Візуалізація цих процесів у віртуальних середовищах є не просто ілюстрацією, а методологічною необхідністю, що забезпечує формування цілісної природничо-наукової компетентності у здобувачів освіти [15].

2.2. АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ТА ДИДАКТИЧНИХ ПЕРЕВАГ ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ВИЗНАЧЕНОГО ЗМІСТУ

Вивчення астрономії вимагає ефективних педагогічних інструментів, здатних подолати абстрактність та масштабність предмета. Цифрові

технології відіграють ключову роль у цьому процесі завдяки трьом основним чинникам. По-перше, вони забезпечують гнучкість і доступність ресурсів, надаючи цілодобовий і повсюдний доступ до навчальних матеріалів, що підтримує індивідуалізовані траєкторії навчання незалежно від обраного формату (традиційний, дистанційний, змішаний). По-друге, дозволяють здійснювати візуалізацію та інтерактивність, пропонуючи динамічне та інтерактивне відтворення складних астрономічних концепцій та явищ, які неможливо спостерігати безпосередньо, тим самим підвищуючи їхню когнітивну доступність. По-третє, вони надають можливість аналізу реальних наукових даних, дозволяючи студентам працювати з автентичними даними від провідних астрономічних обсерваторій та космічних місій, що сприяючи розвитку дослідницьких навичок [7].

Інтеграція цифрових технологій в процес вивчення астрономії значно підвищує його інтерактивність і практичну спрямованість. Завдання, які ефективно виконуються за допомогою цифрових ресурсів, можна розділити на три основні категорії:

1. Астрономічні спостереження за допомогою віртуальних/віддалених телескопів.

Цей тип завдань дозволяє студентам проводити наукові спостереження, керуючи роботизованими телескопами або аналізуючи їхні архівні дані дистанційно.

Платформи Slooh (<https://www.slooh.com/>) та iTelescope (<https://www.itelescope.net/>) дозволяють користувачам (зазвичай після пробного періоду) обирати об'єкти для зйомки, встановлювати параметри експозиції та отримувати власні зображення. The Virtual Telescope Project (<https://www.virtualtelescope.eu/webtv/>) також пропонує безкоштовний доступ до спостережень через веб-інтерфейс та онлайн-трансляції.

MicroObservatory (<https://mo-www.cfa.harvard.edu/MicroObservatory/>), створена Гарвард-Смітсонівським центром астрофізики, надає безкоштовний

віддалений доступ для молоді, забезпечуючи практичний досвід вивчення зоряного неба.

SkyView Virtual Observatory (<https://skyview.gsfc.nasa.gov/current/cgi/titlepage.pl>) є онлайн-інструментом, що надає доступ та можливість аналізу багатоспектральних зображень з різних обсерваторій.

2. Завдання з використанням астрономічних програм та віртуальних планетаріїв.

Stellarium (<https://stellarium.org/uk/>) – це відкрите програмне забезпечення, що дозволяє переглядати небесну сферу з будь-якої точки Землі в будь-який час. Це ідеально підходить для визначення координат світил та прогнозування затемнень.

Celestia (<https://celestiaproject.space/>) дозволяє користувачам віртуально подорожувати Всесвітом, вивчаючи просторове розташування об'єктів.

WorldWide Telescope (WWT) (<https://www.worldwidetelescope.org/>) інтегрує велику базу наукових зображень, що сприяє дослідженню зоряних скупчень і галактик.

Додатки, такі як SkySafari (<https://skysafariastromy.com/>) та Starry Night (<https://starrynight.com/>), дозволяють вивчати зоряне небо у реальному часі на мобільних пристроях.

3. Завдання з використанням інтерактивних демонстрацій та моделей.

Цей тип ресурсів зосереджений на візуалізації конкретних фізичних процесів та експериментуванні з основними астрономічними законами.

NAAP (Nebraska Astronomy Applet Project) (<https://astro.unl.edu/>) пропонує симуляції для моделювання законів Кеплера, H-R діаграми та фаз Місяця.

PhET Interactive Simulations (<https://phet.colorado.edu/>) надає безкоштовну колекцію симуляцій, що дозволяють експериментувати з гравітаційними взаємодіями.

NASA's Eyes (<https://science.nasa.gov/eyes/>) забезпечує інтерактивні 3D-моделі та демонстрації, присвячені місіям NASA та кінематиці космічних апаратів.

Ресурс Star in a Box (<https://starinabox.lco.global/>) дозволяє студентам вивчати життєвий цикл зір у формі інтерактивної демонстрації.

OpenStax Astronomy (<https://openstax.org/>) та Sloan Digital Sky Survey Education (<https://classic.sdss.org/education/>) надають безкоштовні підручники та інтерактивні уроки, що базуються на аналізі реальних даних.

Зупинимось детальніше на функціональних можливостях та перевагах (див. табл. 2.5) Stellarium, WorldWide Telescope та Nasa's Eyes, які пропонують потужні інструменти для візуалізації астрономічних явищ, які складно або неможливо спостерігати в реальному часі чи просторі.

Таблиця 2.5.

Порівняльна таблиця функціональних можливостей та переваг

Характеристика	Stellarium	WorldWide Telescope (WWT)	NASA's Eyes
Основний тип	Віртуальний планетарій	Віртуальний Телескоп / атлас	3D-Симулятор / візуалізатор місій
Фокус	Реалістичне небо з точки на Землі (для спостережень).	Об'єднання даних з телескопів (Хаббл, Чандра) та карт планет.	Моделювання орбіт та поточних космічних місій NASA.
Сферичні карти	Обмежений (фокус на небі)	Високий: інтеграція карт Землі, Місяця, Марса, гігапксельних зображень Всесвіту.	Високий: деталізовані 3D-моделі планет, космічних апаратів.
Ключовий функціонал	Точне моделювання неба, нічний режим, підключення телескопа, розрахунок поля зору камери.	Розповіді, змішування режимів (оптичний, рентгенівський), мандрівка у часі/просторі.	Реальні дані місій (Juno, Curiosity), інтерактивні польоти по Сонячній системі.
Вивчення руху/явищ	Добовий/річний рух, затемнення, фази Місяця (з точки зору спостерігача).	Глибоке 3D-моделювання розташування галактик, еволюції зір; величезні масштаби.	Точна візуалізація орбіт та взаємного розташування тіл Сонячної системи (кінематика).
Доступність	Безкоштовна, відкритий код.	Безкоштовна, академічний ресурс.	Безкоштовна, дані NASA.

В таблицях 2.6-2.8 наведено дидактичні переваги та приклади візуалізації кожного з цих ресурсів окремо.

Таблиця 2.6.

Дидактичні переваги Stellarium та приклади візуалізації

Дидактична перевага	Приклади візуалізації ключових явищ (за підручником)
Наочність небесних координат	Візуалізація екваторіальної та горизонтальної систем координат (сіток) на реалістичному тлі зоряного неба. Учні чітко бачать, як змінюються висота/азимут протягом ночі.
Імітація реальних спостережень	Моделювання добового руху Сонця, Місяця та зір з різних широт Землі. Демонстрація того, чому на Північному полюсі Сонце може не заходити (полярний день) або не сходити (полярна ніч).
Прогнозування та планування	Фази Місяця, сонячні та місячні затемнення – моделювання точного часу, місця та вигляду явища.
Вивчення сузір'їв	Відображення астеризмів, художніх ліній та назв сузір'їв, що є основою для вивчення зоряного каталогу та легенд.

Таблиця 2.7.

Дидактичні переваги WorldWide Telescope та приклади візуалізації

Дидактична перевага	Приклади візуалізації ключових явищ (за підручником)
Масштабування Всесвіту	Плавний перехід від зображення Землі до Сонячної системи, Галактики (Чумацький Шлях) та кластерів галактик. Допомогає усвідомити гігантські відстані та поняття світлового року.
Аналіз багатоспектральних даних	Можливість накладати зображення туманностей та галактик, отримані у різних діапазонах (рентгенівський, інфрачервоний). Пояснення, як різні типи випромінювання розкривають структуру об'єктів (наприклад, Крабоподібна туманність).
Дослідження поверхонь	Детальне вивчення поверхонь планет і супутників (Місяць, Марс) з накладеними картами висот, що дозволяє візуалізувати результати космічних досліджень.
Створення інтерактивних уроків	Функція «Тури» (Tours) дозволяє викладачам створювати покрокові уроки із зупинками та поясненнями, інтегруючи візуалізацію явищ у навчальний процес.

Таблиця 2.8.

Дидактичні переваги Nasa's Eyes та приклади візуалізації

Дидактична перевага	Приклади візуалізації ключових явищ (за підручником)
Динаміка орбітального руху	Точне 3D-моделювання орбіт усіх тіл Сонячної системи, астероїдів та комет. Візуалізація понять періоду обертання, екліптики та гравітаційної взаємодії.

Актуальність та зв'язок з наукою	Відстеження поточного положення реальних космічних апаратів (Voyager, Perseverance, James Webb). Демонстрація наукових відкриттів у режимі реального часу.
Ефекти гравітації	Візуалізація гравітаційного маневру при польоті зондів (наприклад, New Horizons) для пояснення законів руху.
Будова планет	Інтерактивні 3D-моделі планет з можливістю «зазирнути» всередину, демонструючи внутрішню будову газових гігантів або кам'янистих планет.

Як видно з проведеного аналізу, використання цих інструментів суттєво підвищує якість засвоєння матеріалу з підручників завдяки таким перевагам:

- візуалізація складних, абстрактних або великомасштабних явищ стає максимально реалістичною та зрозумілою, що сприяє кращому розумінню просторових співвідношень.
- учні можуть самостійно змінювати параметри, спостерігати результати змін і проводити віртуальні експерименти/спостереження. Це розвиває критичне мислення та дослідницькі навички.
- астрономічні явища можна миттєво відтворити в класі, роблячи матеріал підручника доступним для спостереження.
- висока інтерактивність та захоплююча візуалізація підвищують активність та інтерес учнів до вивчення астрономії, що є важливим чинником ефективного навчання.
- сприяє формуванню предметних компетентностей (знання небесних координат, рухів, явищ) та ключових компетентностей (інформаційно-цифрова, математична).

Таким чином, віртуальні середовища є незамінним інструментом для переведення статичної інформації підручника в динамічний, інтерактивний та реалістичний досвід, що значно поглиблює розуміння астрономічних концепцій.

2.3. РОЗРОБКА МЕТОДИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВЧИТЕЛЯ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ АСТРОНОМІЧНИХ ЯВИЩ ТА ПРОЦЕСІВ В ШКІЛЬНОМУ КУРСІ АСТРОНОМІЇ

Розробка методичних матеріалів, що стосуються використання віртуальних середовищ для візуалізації астрономічних явищ у закладах загальної середньої освіти, є важливим етапом модернізації викладання астрономії. Такі матеріали забезпечать вчителя алгоритмами та сценаріями інтеграції цифрових інструментів, перетворюючи теоретичний курс на практичне, дослідницьке та інтерактивне навчання.

Головна наша мета полягала у створенні структурованого комплексу навчально-методичних рекомендацій, які дозволять астрономії ефективно та системно використовувати потенціал віртуальних планетаріїв (наприклад, Stellarium, WorldWide Telescope, NASA's Eyes) для демонстрації явищ, які складно або неможливо спостерігати в реальному часі чи просторі.

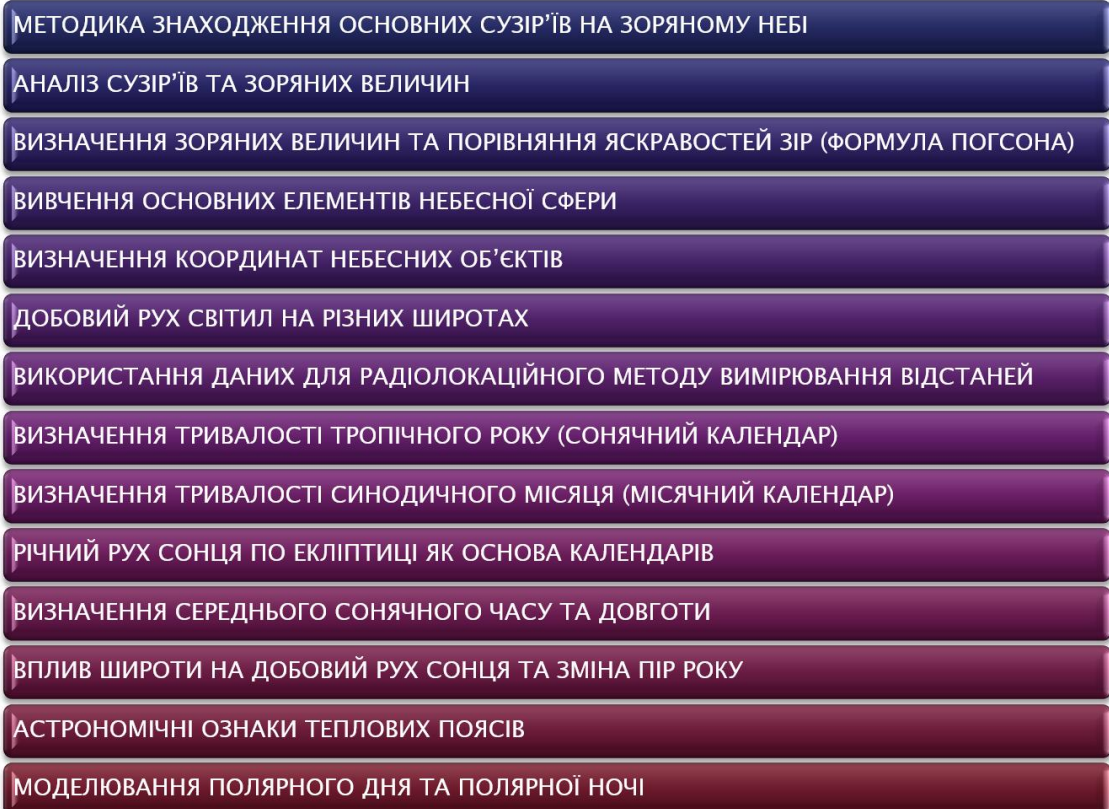


Рис. 2.1. Перелік розроблених завдань з використанням віртуального планетарію Stellarium.

На рис. 2.1 наведено перелік розроблених завдань з використанням віртуального планетарію Stellarium, оскільки він якнайкраще підходить (див. табл. 2.6) для візуалізації астрономічних явищ та процесів, які розглядаються в розділі «Небесна сфера. Рух світил на небесній сфері» шкільного курсу астрономії.

Далі наведемо приклади деяких розроблених завдань з використанням цифрових інструментів для візуалізації астрономічних явищ («Небесна сфера. Рух світил на небесній сфері», за основу взято підручник Астрономія (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Яцківа Я. С.) : підруч. для 11 кл. закл. загал. серед. освіти / Микола Пришляк. — Харків: Вид-во «Ранок», 2019.—144 с. : іл.) та методику їх використання.

МЕТОДИКА ЗНАХОДЖЕННЯ ОСНОВНИХ СУЗІР'ІВ НА ЗОРЯНОМУ НЕБІ

Це завдання розроблене для формування практичних навичок орієнтування на небесній сфері та ідентифікації ключових сузір'їв, використовуючи метод навігаційних зір та астеризмів (візуально помітних груп зір).

Мета. Навчитися знаходити та ідентифікувати велику кількість сузір'їв на віртуальній небесній сфері, використовуючи основні навігаційні астеризми (великий та малий ківш, літній та зимовий трикутники, північний хрест).

Віртуальне середовище: Stellarium.

Хід роботи

Налаштування середовища та пошук «великого ковша»

Запуск Stellarium: налаштуйте місце спостереження на вашу поточну локацію.

Встановлення часу: встановіть час, коли Велика Ведмедиця знаходиться високо над горизонтом (наприклад, квітень, 22:00).

Активация елементів: для початкового пошуку увімкніть назви сузір'їв (клавіша V), але вимкніть лінії (C) та художні зображення (R).

Завдання 1. Навігація від Великої Ведмедиці (весняно-літні сузір'я).

Велика Ведмедиця (Ursa Major) та її астеризм «великий ківш» є головним навігаційним елементом Північної півкулі.

1. Пошук Полярної зорі: продовжте уявну лінію через дві крайні зорі «ковша» – Дубхе (α UMa) та Мерак (β UMa) – приблизно на п'ятикратну відстань між ними. Ви знайдете Полярну зорю (Polaris). Ідентифікуйте сузір'я, до якого належить Полярна зоря – Мала Ведмедиця (Ursa Minor).
2. Пошук Арктура: продовжте уявну криву лінію, утворену ручкою Ковша (Аліот, Міцар, Бенетнаш). Ця крива приведе вас до яскравої зорі Арктур (Arcturus). Ідентифікуйте сузір'я – Волопас (Boötes).
3. Пошук Спіки: продовжуючи ту саму криву лінію від Арктура далі на південь, ви знайдете яскраву зорю Спіку (Spica). Ідентифікуйте сузір'я – Діва (Virgo).
4. Пошук Лева: знайдіть Денеболу (Denebola), яка утворює частину «трикутника» з Арктуром і Спікою, та астеризм Серп (або «гачок») Лева. Ідентифікуйте сузір'я – Лев (Leo).

Завдання 2. Навігація за «літнім трикутником» (літньо-осінні сузір'я).

«Літній трикутник» – великий астеризм, що домінує на літньому та осінньому небі. Він складається з трьох яскравих зір: Веги, Денеба та Альтаїра.

1. Ідентифікація вершин: знайдіть Вегу (Vega) – яскраву блакитно-білу зорю, сузір'я – Ліра (Lyra); знайдіть Денеб (Deneb) – зорю, що утворює вершину Північного Хреста, сузір'я – Лебідь (Cygnus); знайдіть Альтаїр (Altair) – зорю, розташовану між двома слабшими зірками, що лежать на одній лінії, сузір'я – Орел (Aquila).

2. Навігація за Лебедем: використовуйте астеризм «північний хрест» (сузір'я Лебедя), щоб знайти сузір'я, що лежать уздовж Чумацького Шляху (наприклад, Стріла та Лисичка).
3. Пошук Кассіопеї: від Денеба рухайтесь уздовж Чумацького Шляху на північ (у напрямку, протилежному Альтаїру). Ви знайдете Кассіопею.

Завдання 3. Навігація від Кассіопеї (осінньо-зимові сузір'я).

Кассіопея (Cassiopeia), що має форму літери W або M, також допомагає знайти Полярну зорю.

1. Пошук Андромеди та Пегаса: Кассіопея (звернувши увагу на зорі сегмента, що утворює «V») вказує на південь, де розташований «великий квадрат» Пегаса (Pegasus). Зірка Альферац (Alpheratz) є кутовою зіркою «квадрата» та належить сусідній Андромеді (Andromeda). Ідентифікуйте сузір'я Пегас (Pegasus) та Андромеда (Andromeda).
2. Пошук Персея: використовуйте зорі Андромеди, щоб знайти Персея (Perseus), який має характерну вигнуту форму.

Завдання 4. Навігація від Оріона (зимові сузір'я).

Оріон (Orion) – найпомітніший астеризм зимового неба.

1. Пошук Сіріуса: продовжте уявну лінію через три зорі пояса Оріона (Mintaka, Alnilam, Alnitak) вниз і на схід. Ви знайдете найяскравішу зорю нічного неба – Сіріус (Sirius). Ідентифікуйте сузір'я – Великий Пес (Canis Major).
2. Пошук Тельця: продовжте лінію пояса Оріона вгору і на захід. Ви знайдете Альдебаран (Aldebaran) – червонувату зорю, яка є частиною V-подібного астеризму Гіади. Ідентифікуйте сузір'я – Телець (Taurus).
3. Пошук Близнят: знайдіть яскраву червону зорю Бетельгейзе (Betelgeuse, α Ori) у плечі Оріона. Звідси рухайтесь вгору, щоб знайти дві яскраві зорі Кастор і Поллукс. Ідентифікуйте сузір'я – Близнята (Gemini).

Звіт та висновок

1. Накресліть (або використайте скріншоти зі Stellarium з включеними лініями сузір'їв) схеми, що ілюструють:
 - а. Використання «великого ковша» (Велика Ведмедиця).
 - б. Використання «літнього трикутника» (Вега, Денеб, Альтаір).
 - с. Використання пояса Орiona (Оріон).
2. Сформулюйте, чому метод навігації за астеризмами є ефективнішим за спробу запам'ятати окремі зорі, та вкажіть, які астеризми є сезонними. Назвіть 5 сузір'їв, які ви навчилися знаходити найшвидше.

ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ НЕБЕСНИХ ОБ'ЄКТІВ

Мета. Навчитися визначати та аналізувати значення горизонтальних (азимут та висота) та екваторіальних (пряме піднесення та схилення) координат для різних небесних об'єктів.

Віртуальне середовище: Stellarium.

Хід роботи

Налаштування середовища.

Запуск та час: запустіть Stellarium і встановіть поточну дату та час 22:00.

Місце спостереження: встановіть місце спостереження на вашу поточну локацію.

Активация сіток: увімкніть відображення: горизонтальної сітки (клавіша Z) – допомагає візуалізувати висоту та азимут: екваторіальної сітки (клавіша E) – допомагає візуалізувати пряме піднесення та схилення.

Завдання 1. Визначення та аналіз горизонтальних координат (висота та азимут).

1. Горизонтальні координати залежать від місця та часу спостереження. Знайдіть на небі яскраву видиму планету (наприклад, Юпітер або Сатурн) та яскраву зорю (Сіріус чи Арктур). Клацніть на об'єкті.

2. З інформаційного вікна Stellarium зафіксуйте: назву об'єкта, азимут A (Azimuth, Az), висоту h (Altitude, Alt).
3. Прискорте час спостереження (клавіша L). Спостерігайте за об'єктом «протягом 1 години». Як змінюються висота та азимут об'єкта протягом цього часу? Поясніть, що є причиною цієї зміни.

Завдання 2. Визначення та аналіз екваторіальних координат (пряме піднесення та схилення).

1. Екваторіальні координати не залежать від місця та часу спостереження. Знайдіть Полярну зорю (Polaris) у сузір'ї Малої Ведмедиці.
2. З інформаційного вікна зафіксуйте: пряме піднесення α (Right Ascension, RA) у форматі години-хвилини-секунди, схилення δ (Declination, Dec) у форматі градуси-хвилини-секунди.
3. Прискорте час спостереження. Спостерігайте за Полярною зорею та її координатами «протягом 6 годин». Чому екваторіальні координати Полярної зорі майже не змінюються, а її схилення є близьким до $+90^\circ$? Яку роль Полярна зоря відіграє на небесній сфері?

Завдання 3. Порівняння змінних та постійних координат.

1. Знову виберіть об'єкт із завдання 1. Зафіксуйте його горизонтальні та екваторіальні координати на час 22:00.
2. Змініть час спостереження на 04:00 наступного дня, не змінюючи об'єкт. Знову зафіксуйте його горизонтальні та екваторіальні координати.
3. На основі порівняння, поясніть, у чому полягає принципова відмінність між горизонтальною та екваторіальною системами координат з точки зору спостерігача на Землі.

Об'єкт	Час спостереження	Азимут (A)	Висота (h)	Пряме піднесення (α)	Схилення (δ)
	22:00				
	04:00				

ДОБОВИЙ РУХ СВІТИЛ НА РІЗНИХ ШИРОТАХ

Мета. Визначити зв'язок між висотою полюса світу (P) та широтою місця спостереження (ϕ). Проаналізувати траєкторії добового руху зір на екваторі, середніх широтах (Україна) та полюсі. Практично визначити зони зір, що не заходять, зір, що не сходять, та світил, що сходять і заходять.

Віртуальне середовище: Stellarium.

Хід роботи

Налаштування середовища (середні широти, Україна).

Налаштування місця: відкрийте Stellarium. Встановіть місце спостереження на вашу поточну локацію або будь-яке місто України.

Візуалізація: Увімкніть відображення горизонтальної координатної сітки (клавіша Z) та Землі (клавіша G).

Визначення полюса світу: знайдіть Полярну зорю (Polaris, α UMi). Клацніть на ній для отримання інформації.

Завдання 1. Визначення висоти полюса світу.

1. Визначте висоту h Полярної зорі над горизонтом (за даними горизонтальної сітки або з інформаційного вікна).
2. Порівняйте отриману висоту з географічною широтою вашого місця спостереження. Який висновок можна зробити про зв'язок між ними?

Добовий рух світил на різних широтах.

Використовуючи функцію прискорення часу (клавіша L), простежте траєкторії зір у трьох характерних точках Землі.

Місце спостереження	Географічна широта (ϕ)	Вигляд траєкторії	Зони зір
Північний полюс	90°		
Місце спостереження (Україна)			
Екватор	0°		

Завдання 2. Аналіз траєкторій.

1. Північний полюс: простежте за рухом зір. Як розташована вісь світу відносно горизонту? Заповніть таблицю: як зорі рухаються відносно горизонту? Чи заходять вони?
2. Місце спостереження (Україна): простежте за рухом зір. Зверніть увагу на зорі поблизу північного полюса світу та зорі біля горизонту. Заповніть таблицю: опишіть три зони зір (видимі, невидимі, сходять/заходять). Зробіть скріншот (клавіша F11), що ілюструє цю ситуацію.
3. Екватор: простежте за рухом зір. Як розташована вісь світу? Заповніть таблицю: які зорі є постійно видимими або постійно невидимими на екваторі?

Завдання 3. Визначення зон видимості (місце спостереження – Україна).

Виходячи з траєкторій, отриманих у попередньому завданні:

1. Знайдіть найяскравішу зорю, що належить до зони постійно видимих. Запишіть її схилення (δ).
2. Знайдіть найяскравішу зорю, що належить до зони постійно невидимих (ніколи не сходять). Запишіть її схилення (δ).
3. Використовуючи формулу $\delta > 90^\circ - \varphi$ (для постійно видимих) та $\delta < \varphi - 90^\circ$ (для зір, що ніколи не сходять), перевірте, чи відповідають знайдені вами зорі цим умовам.

ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ТРОПІЧНОГО РОКУ (СОНЯЧНИЙ КАЛЕНДАР)

Мета. Практично визначити момент проходження Сонця через точку весняного рівнодення, розрахувати тривалість тропічного року, використовуючи функцію точного моделювання часу, зрозуміти астрономічну основу сонячного календаря.

Віртуальне середовище: Stellarium.

Хід роботи

Тропічний рік – це час, за який Сонце повертається до того ж екваторіального положення (до точки весняного рівнодення). Його тривалість становить приблизно 365 діб 5 годин 48 хвилин 46 секунд (365,24219 доби). Ця величина є основою для григоріанського та юліанського календарів.

Точка весняного рівнодення визначається як точка перетину екліптики (видимого шляху Сонця) та небесного екватора, через яку Сонце проходить, рухаючись із південної півкулі в північну. У цій точці пряме піднесення та схилення дорівнюють нулю.

Налаштування середовища та визначення системи координат

Запуск Stellarium: налаштуйте вашу поточну локацію.

Візуалізація координат: активуйте відображення небесного екватора (клавіша E), екліптики (клавіша ,) та екваторіальної сітки (клавіша Z).

Пошук Сонця: знайдіть Сонце (клавіша Ctrl+G або Ctrl+F).

Завдання 1. Фіксація першого проходження (Рік 1).

1. Встановіть поточний рік і перейдіть приблизно на 20 березня.
2. Увімкніть максимальне збільшення і, використовуючи функцію точного керування часом (клавіші J – зупинити/повернути час, L – прискорити час, стрілки – крок за кроком), точно зафіксуйте момент (рік, місяць, день, година, хвилина, секунда), коли Сонце перетинає небесний екватор, рухаючись вгору (у північну півкулю).
3. У вікні інформації Сонця контролюйте, щоб пряме піднесення було максимально наближене до $0^{\text{h}}0^{\text{m}}0^{\text{s}}$, а схилення переходило від від'ємного до додатного значення.

Рік	Дата та час першого проходження (T_1)

Завдання 2. Фіксація другого проходження (Рік 2).

1. Перемотайте час у Stellarium рівно на 365 діб вперед від зафіксованої дати T_1 .

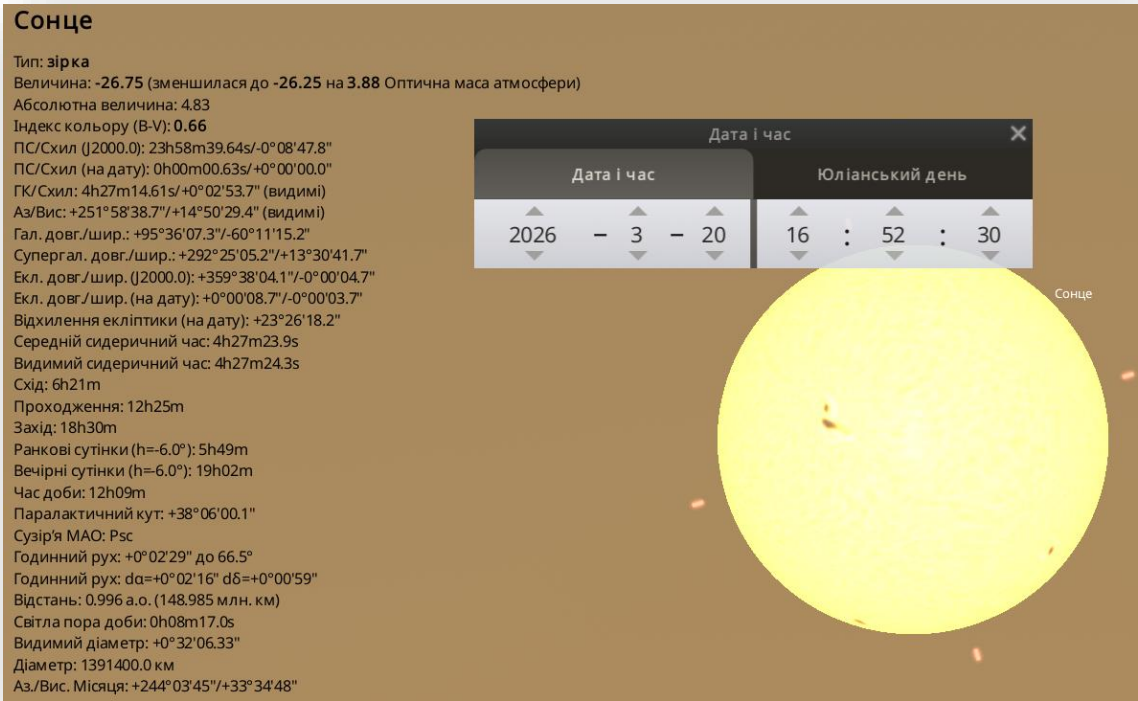
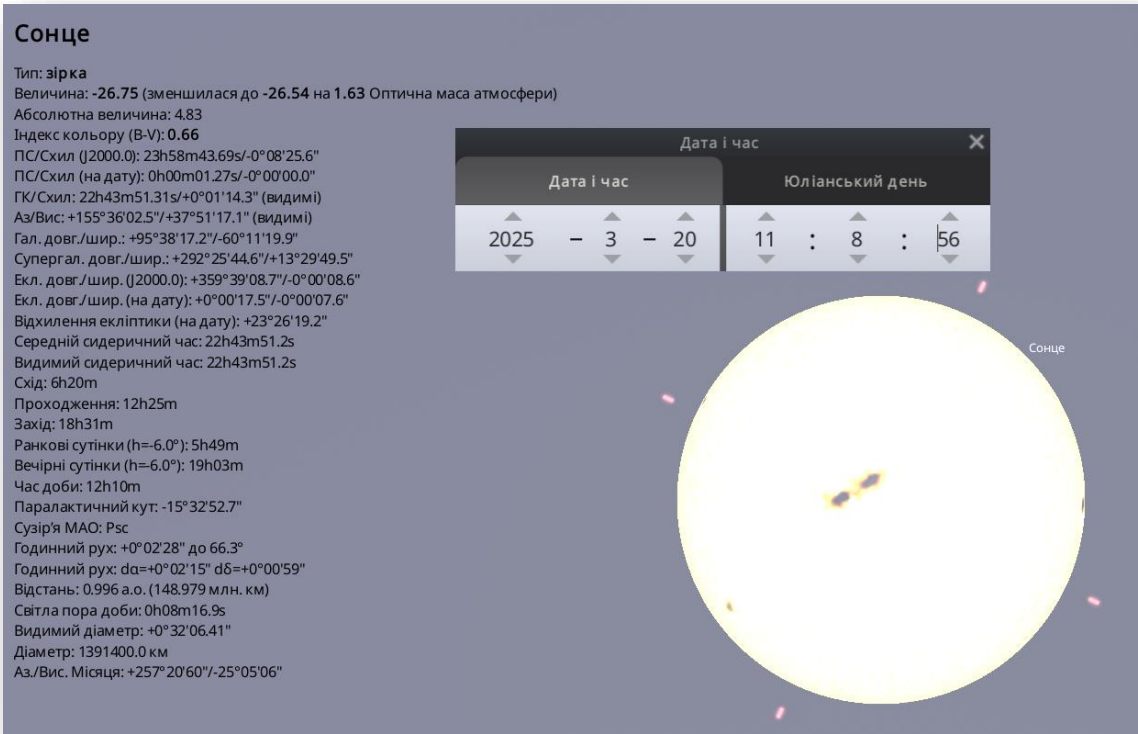
2. Знову використовуйте повільне керування часом, щоб точно зафіксувати момент (T_2), коли Сонце в наступному році знову перетинає небесний екватор.
3. Переконайтеся, що схилення переходить від від'ємного до додатного значення.

Рік	Дата та час другого проходження (T_2)

Завдання 3. Розрахунок тривалості тропічного року.

1. Розрахуйте інтервал часу $\Delta T = T_2 - T_1$.
2. Різниця в днях, годинах, хвилинах, секундах: $\Delta T = (\text{різниця кількості діб}) + (\text{різниця годин}) + (\text{різниця хвилин}) + (\text{різниця секунд})$.
3. Переведіть отриману різницю в десяткову частину доби: $\Delta T (\text{доби}) = (\text{різниця годин}) / 24 + (\text{різниця хвилин}) / 1440 + (\text{різниця секунд}) / 86400$.
4. Порівняйте отримане значення тривалості тропічного року з прийнятим науковим значенням (365,2422 доби) та обговоріть можливу похибку, яка може виникати через точність симуляції.
5. Поясніть, чому наявність різниці між календарним роком (365 діб) та тропічним роком (приблизно 365,24 доби) вимагає введення високосного року.

Приклад звіту.



$\Delta T = T_2 - T_1 = 365 \text{ діб} + 5 \text{ годин} + 43 \text{ хвилини} + 34 \text{ секунди} = 365,2386 \text{ доби.}$

$\text{Тропічний рік} = 365,2422 \text{ діб.}$

ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ СИНОДИЧНОГО МІСЯЦЯ (МІСЯЧНИЙ КАЛЕНДАР)

Це завдання розроблене для практичного засвоєння понять синодичний місяць та фази Місяця, а також для визначення його середньої тривалості.

Мета. Визначити тривалість синодичного місяця та порівняти отримане значення із середнім теоретичним значенням.

Віртуальне середовище: Stellarium.

Хід роботи

Синодичний місяць (S) – середня тривалість становить приблизно 29,53 доби – це період, за який Місяць повертається в те саме положення відносно Сонця (повернення до тієї ж фази).

Фаза Місяця – визначається кутом між Місяцем і Сонцем при спостереженні із Землі.

Завдання 1. Налаштування Stellarium та визначення фаз Місяця.

1. Запустіть Stellarium і встановіть поточну дату та час (або будь-яку довільну дату).
2. Знайдіть Місяць і сфокусуйтеся на ньому (клавіша Space або Пробіл).
3. Використовуючи функцію прискорення часу (клавіша L), прокрутіть час вперед, доки Місяць не досягне фази повні (повністю освітлений диск).
4. Зупиніть час і зафіксуйте точну дату та час першої повні (T_1).
5. Переконайтеся, що Місяць знаходиться максимально близько до 100% освітленості, а його екліптична довгота відрізняється від довготи Сонця приблизно на 180° .
6. Відновіть прискорення часу (клавіша L), доки Місяць знову не досягне фази повні. Зафіксуйте точну дату та час другої повні (T_2).
7. Повторіть процес і зафіксуйте точну дату та час третьої повні (T_3).

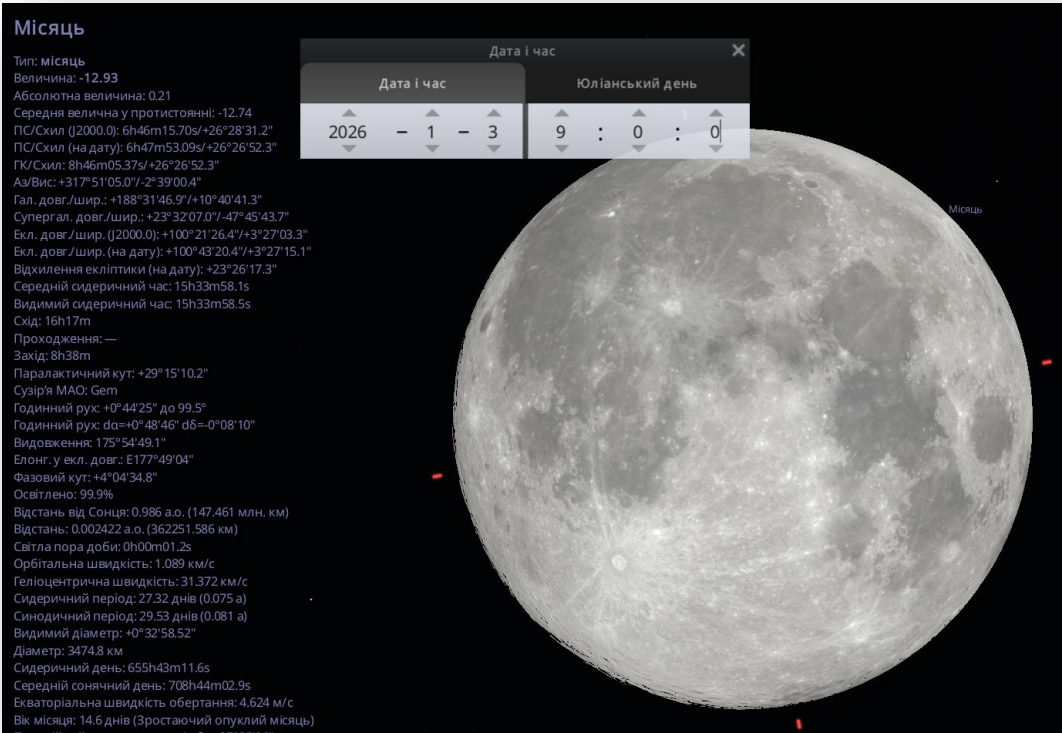
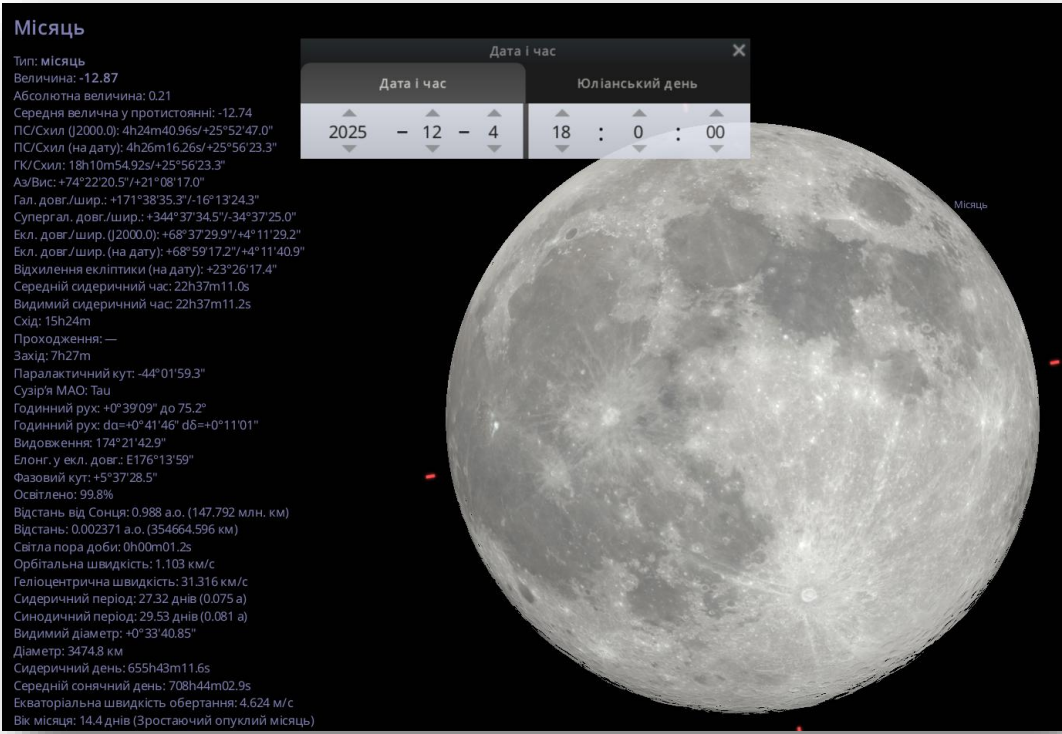
Фаза	Дата (Т)	Час (година : хвилина)
Повня 1 (Т ₁)		
Повня 2 (Т ₂)		
Повня 3 (Т ₃)		

Завдання 2. Розрахунок тривалості синодичного місяця.

- Обчисліть тривалість синодичного місяця, використовуючи отримані дані. Для підвищення точності, виміряйте період між двома місяцями, а потім усередніть його.
 - Тривалість першого синодичного місяця: $S_1 = T_2 - T_1$.
 - Тривалість другого синодичного місяця: $S_2 = T_3 - T_2$.
 - Середня тривалість синодичного місяця: $S_{\text{сер}} = (S_1 + S_2)/2$.
- Порівняйте ваше значення $S_{\text{сер}}$ із середнім теоретичним значенням 29,53 доби. Визначте відносну похибку розрахунку.
- Поясніть, чому тривалість S_1 і S_2 може дещо відрізнятися та чому синодичний місяць довший за сидеричний (зоряний) місяць.
- Зробіть відповідні скріншоти Місяця у моменти повні.

Період	Тривалість (доби - години - хвилини)	Тривалість (доби)
S_1		
S_2		
$S_{\text{сер}}$		

Приклад звіту.



$S = T_2 - T_1 = 29 \text{ діб} + 15 \text{ годин} = 29,625 \text{ доби}$. Синодичний місяць = 29,53 доби.

РІЧНИЙ РУХ СОНЦЯ ПО ЕКЛІПТИЦІ ЯК ОСНОВА КАЛЕНДАРІВ

Це завдання призначене для візуалізації та розуміння зв'язку між річним рухом Сонця вздовж екліптики та створенням календарних систем, включаючи поняття зодіакальних сузір'їв та точок сонцестояння/рівнодення.

Мета. Візуалізувати екліптику як уявну лінію річного руху Сонця на небесній сфері; з'ясувати роль екліптики у визначенні зодіаку та зв'язок з астрологічними/календарними періодами; визначити дати та координати ключових календарних точок (рівнодення та сонцестояння).

Віртуальне середовище: Stellarium.

Хід роботи

Візуалізація екліптики та зодіаку.

Налаштування: запустіть Stellarium. Встановіть місце спостереження на вашу локацію та час 12:00 дня.

Відображення екліптики: увімкніть відображення лінії екліптики (клавіша E). Вона має виглядати як велике коло, що перетинає небосхил.

Зодіакальні сузір'я: увімкніть відображення меж сузір'їв (клавіша W).

Завдання 1. Рух Сонця та зодіакальні сузір'я.

1. Визначте, в якому зодіакальному сузір'ї (сузір'я, яке перетинається екліптикою) Сонце знаходиться сьогодні (зафіксуйте назву).
2. Прискорте час (клавіша L або J) і спостерігайте за рухом Сонця. Зауважте, що воно рухається на тлі зір, залишаючи межі одного сузір'я і входячи в інше.
3. Використовуючи функцію прискорення/сповільнення часу, приблизно визначте, скільки днів Сонце перебуває в межах кожного зодіакального сузір'я.

Сузір'я	Дата входу	Дата виходу	Тривалість (днів)

Визначення ключових календарних точок.

Ключові календарні дати відповідають фіксованим точкам на екліптиці, де вона перетинається з небесним екватором (клавіша E).

Завдання 2. Календарні точки.

1. Увімкніть відображення Небесного Екватора (клавіша E).
2. Увімкніть відображення екваторіальної координатної сітки (клавіша , (кома) або Ctrl+K).
3. Змінійте дату і час, щоб знайти точне положення Сонця в наступних календарних точках. Зафіксуйте дату, сузір'я та його екваторіальні координати:
 - a. Весняне рівнодення (Spring Equinox) – Сонце перетинає небесний екватор, рухаючись на північ.
 - b. Літнє сонцестояння (Summer Solstice) – Сонце досягає максимального північного схилення.
 - c. Осіннє рівнодення (Autumnal Equinox) – Сонце перетинає небесний екватор, рухаючись на південь.
 - d. Зимове сонцестояння (Winter Solstice) – Сонце досягає мінімального південного схилення.

Календарна точка	Приблизна дата	α (пряме піднесення)	δ (схилення)	Сузір'я
Весняне рівнодення				
Літнє сонцестояння				
Осіннє рівнодення				
Зимове сонцестояння				

Заповніть обидві таблиці даними, отриманими зі Stellarium. На основі отриманих даних сформулюйте висновок, чому екліптика та небесний екватор є основою для побудови всіх астрономічних календарів.

Розроблені методичні матеріали мають стати дорожньою картою для вчителя, мінімізуючи час на підготовку та максимізуючи ефективність використання віртуальних середовищ. Це дозволить забезпечити глибоке розуміння учнями астрономічних явищ, перевівши їх зі статусу абстрактних схем у підручнику до реалістичних, динамічних процесів.

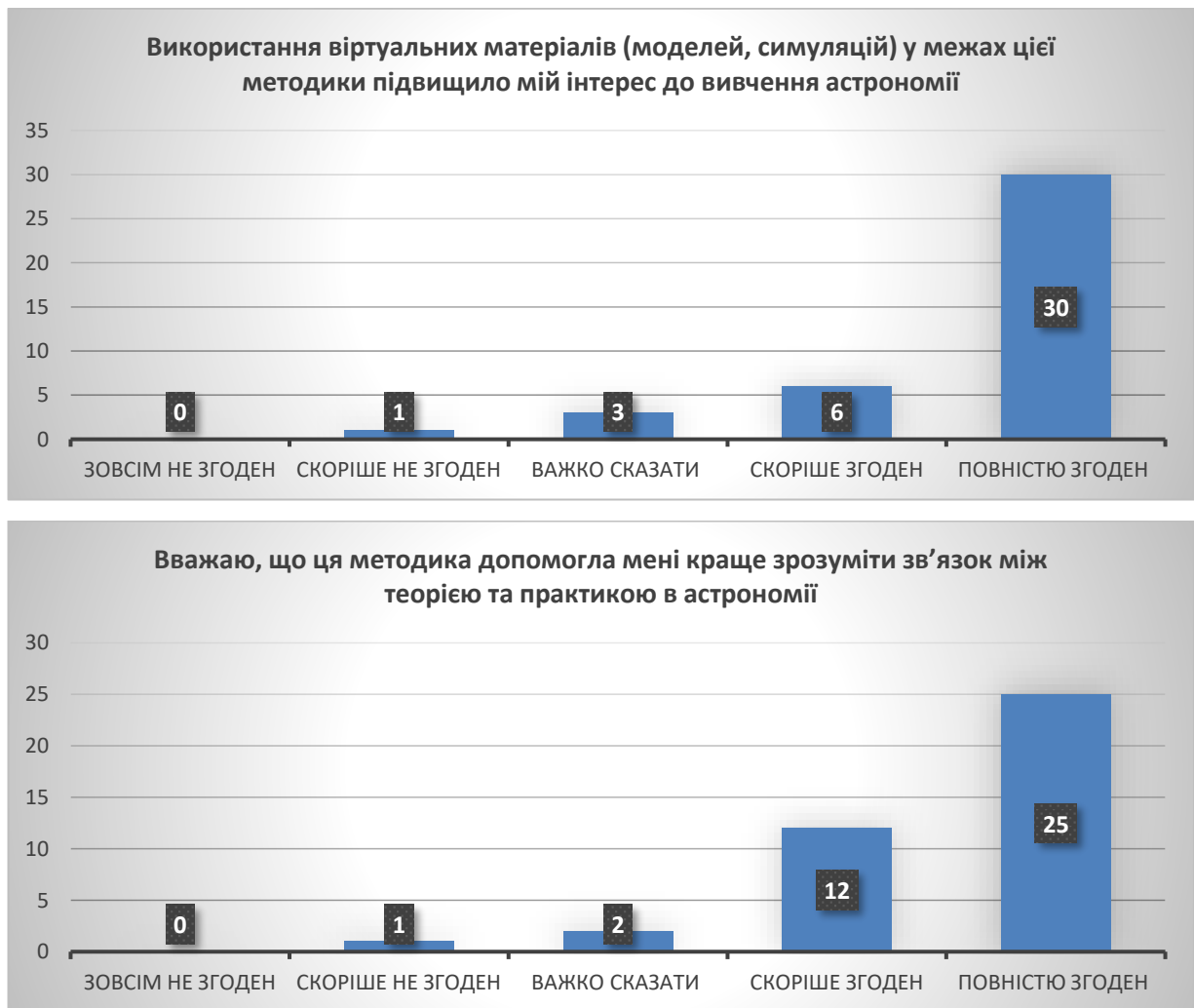
2.4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНИХ МЕТОДИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Після використання розроблених методичних матеріалів на уроках ми запропонували учням дати відповіді на поставлені запитання.

Результати анкетування, у якому учням (кількість респондентів – 40) було задано наступні запитання:

- використання віртуальних матеріалів (моделей, симуляцій) у межах цієї методики підвищило мій інтерес до вивчення астрономії;
- вважаю, що ця методика допомогла мені краще зрозуміти зв'язок між теорією та практикою в астрономії;
- я б хотів(ла), щоб подібні віртуальні середовища використовувалися при вивченні інших шкільних предметів

у вигляді діаграм наведено на рис. 2.2.



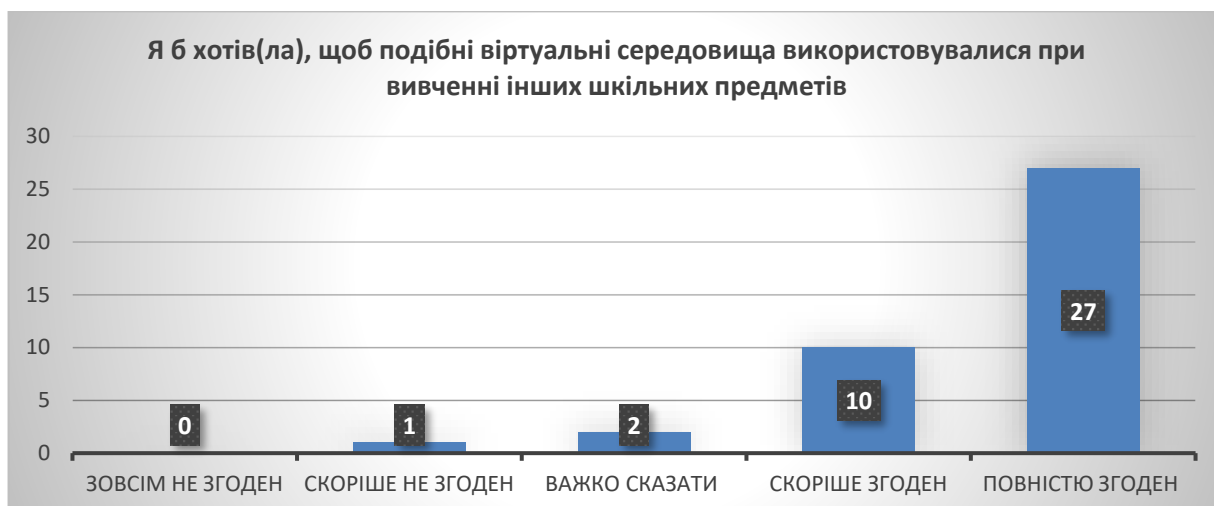


Рис. 2.2. Результати анкетування

Отже, можна зробити висновок – перевірка ефективності розроблених методичних матеріалів, що стосуються використання віртуальних середовищ для візуалізації астрономічних явищ у закладах загальної середньої освіти, показала наступне:

- Візуалізація абстрактних астрономічних явищ у віртуальному просторі сприяє глибшому розумінню та міцнішому засвоєнню навчального матеріалу.
- Використання інтерактивних віртуальних середовищ перетворює навчання на захопливий процес, що призводить до суттєвого зростання внутрішньої та зовнішньої мотивації учнів до вивчення астрономії. Учні демонструють вищий рівень залученості та бажання самостійно досліджувати явища.
- Віртуальні середовища дозволяють учням безпосередньо «бачити» та «взаємодіяти» з тривимірними моделями, що є важливим для формування просторового уявлення про астрономічні об'єкти та процеси, які неможливо спостерігати в класі чи неозброєним оком.

Методика, інтегрована з віртуальними інструментами, заохочує учнів до проведення віртуальних експериментів, висування гіпотез та аналізу даних, сприяючи розвитку критичного мислення та навичок наукового дослідження.

Такі матеріали забезпечать вчителя алгоритмами та сценаріями інтеграції цифрових інструментів, перетворюючи теоретичний курс на практичне, дослідницьке та інтерактивне навчання.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

У цьому розділі було розроблено та комплексно обґрунтовано методику використання віртуальних навчальних середовищ для візуалізації ключових астрономічних явищ та процесів у шкільному курсі.

Аналіз змісту чинних підручників з астрономії підтвердив, що більшість ключових тем є абстрактними, динамічними або великомасштабними. Їх ефективне засвоєння неможливе без динамічної та інтерактивної візуалізації. Таким чином, візуалізація є не просто ілюстрацією, а методологічною необхідністю.

Було проведено детальний функціональний аналіз віртуальних навчальних середовищ: Stellarium визначено як ідеальний інструмент для візуалізації кінематики неба та імітації реальних спостережень з різних точок Землі; WorldWide Telescope є оптимальним для масштабування Всесвіту та роботи з багатоспектральними даними для вивчення глибокого космосу; NASA's Eyes незамінний для точної динаміки орбітального руху та зв'язку навчального матеріалу з реальними космічними місіями.

Ці інструменти забезпечують переведення статичної інформації підручника в динамічний, реалістичний та інтерактивний досвід.

На основі проведеного аналізу було розроблено комплекс навчально-методичних рекомендацій та практичних завдань для вчителя, зокрема, з використанням віртуального планетарію Stellarium для візуалізації розділу «Небесна сфера. Рух світил на небесній сфері». Ці матеріали надають вчителю алгоритми та сценарії системної інтеграції віртуальних навчальних середовищ в освітній процес.

Проведена експериментальна перевірка підтвердила високу ефективність розроблених методичних матеріалів. Результати анкетування серед учнів показали значне зростання інтересу та мотивації до вивчення астрономії, а також глибше розуміння зв'язку між теорією та практикою.

ВИСНОВКИ

В ході виконання дослідження було виконано наступні завдання:

1. **Проаналізовано стан проблеми візуалізації астрономічних явищ та процесів у педагогічній теорії та освітній практиці шкільного курсу астрономії.** Встановлено, що астрономічні явища є масштабними, динамічними та абстрактними, що створює значні дидактичні бар'єри для їх засвоєння. Сучасні підходи вимагають переходу від статичної ілюстрації до динамічної та інтерактивної візуалізації за допомогою віртуальних навчальних середовищ для забезпечення компетентісно-орієнтованого навчання.
2. **Визначено сутність поняття «віртуальне середовище» та його дидактичний потенціал для візуалізації навчального матеріалу в астрономії.** Віртуальне середовище визначено як методологічну необхідність, оскільки воно забезпечує гнучкість і доступність ресурсів, динамічне відтворення складних концепцій, що сприяє розвитку дослідницьких, просторових та інформаційно-цифрових компетентностей учнів.
3. **Виявлено та класифіковано астрономічні явища та процеси шкільного курсу, які є найбільш складними для сприйняття та потребують візуалізації засобами віртуальних середовищ.** На основі аналізу чинних підручників сформовано комплексний перелік ключових тем, які потребують візуалізації.
4. **Проаналізовано функціональні можливості існуючих віртуальних середовищ з точки зору їх придатності для візуалізації визначеного астрономічного змісту:** Stellarium визначено як ідеальний інструмент для візуалізації кінематики неба та імітації реальних спостережень з різних точок Землі; WorldWide Telescope є оптимальним для масштабування Всесвіту та роботи з багатоспектральними даними для

вивчення глибокого космосу; NASA's Eyes незамінний для точної динаміки орбітального руху та зв'язку навчального матеріалу з реальними космічними місіями.

5. **Розроблено методичні матеріали для вчителя щодо використання віртуальних середовищ для візуалізації астрономічних явищ та процесів в шкільному курсі астрономії.** Проведена експериментальна перевірка підтвердила високу ефективність розроблених методичних матеріалів. Результати анкетування серед учнів показали значне зростання інтересу та мотивації до вивчення астрономії, а також глибше розуміння зв'язку між теорією та практикою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гончаренко С. У. Методологічні засади формування наукового світогляду : монографія. Харків : Наукова думка, 2008. 215 с.
2. Головка М. В., Крячко І. П., Мельник Ю. С. та ін. Фізика і астрономія (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом О. І. Ляшенка) : підруч. для 11 кл. закл. заг. серед. освіти. Київ : Педагогічна думка, 2019. 288 с.
3. Гуржій А. М., Кадемія М. Ю., Лаврентьєва Г. П. Віртуальна та доповнена реальність в освіті: тенденції розвитку // Інформаційні технології і засоби навчання. 2018. Вип. 67, № 5. С. 1–13.
4. Жалдак М. І., Дементієвська Н. П. Використання інтерактивних симуляцій та віртуальних лабораторій у навчанні фізики // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 2. Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. 2019. Вип. 21 (28). С. 75–84.
5. Засекіна Т. М., Засекін Д. О. Фізика і астрономія (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Ляшенка О. І.) : підруч. для 11 кл. закл. заг. серед. освіти. Київ : УОВЦ «Оріон», 2019. 272 с.
6. Захожай В. А. та ін. Методика навчання астрономії в старшій загальноосвітній школі. Київ : Астроосвіта, 2016. URL: <https://www.astroosvita.kiev.ua/metod/Metodyka-navchannia-astronomii.pdf>
7. Кульчицький Р. В., Мохун С. В. Цифрові технології в навчанні астрономії. Що обрати в залежності від завдань, що стоять перед педагогом? // *Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології, природничих наук в контексті вимог Нової української школи* : матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конф., м. Тернопіль, 23–24 трав. 2024 р. Тернопіль, 2024. С. 258–262.

8. Кухаренко В. М. Теоретичні основи проєктування віртуальних навчальних курсів для природничих дисциплін // Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. 2022. Вип. 4. С. 211–220.
9. Левонюк Н. М., Мохун С. В. Компетентнісно-орієнтовані завдання міжпредметного змісту як засіб формування природничої компетентності здобувачів освіти // *Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології, природничих наук в контексті вимог Нової української школи* : матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф., м. Тернопіль, 18–19 трав. 2023 р. Тернопіль, 2023. С. 287–290.
10. Ляшенко В. І., Островський В. Ю. Імерсивні технології (VR/AR) у викладанні астрономії та географії // Вісник Черкаського національного університету. Серія: Педагогічні науки. 2021. Вип. 1. С. 76–83.
11. Михайленко М. В. Використання віртуальних навчальних лабораторій у формуванні природничої компетентності // Інформаційні технології в освіті. 2020. Вип. 28. С. 45–52.
12. Носенко Ю. Г., Смульсон М. Л. Цифрові інструменти для візуалізації навчального змісту з математики: огляд та аналіз // Проблеми сучасного педагогічного процесу. 2020. Вип. 4. С. 110–121.
13. Пришляк М. П. Астрономія (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Яцківа Я. С.) : підруч. для 11 кл. закл. заг. серед. освіти. Харків : Ранок, 2019. 144 с.
14. Сиротюк В. Д., Мирошніченко Ю. Астрономія (рівень стандарту, за навч. програмою авт. кол. під керівництвом Яцківа Я. С.) : підруч. для 11-го кл. закл. заг. серед. освіти. Київ : Генеза, 2019. 160 с.
15. Синенко Н. В. STEM-освіта як засіб формування цілісної природничо-наукової картини світу // Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. 2019. Вип. 9. С. 15–25.

16. Ячменьова О.С., Мохун С.В. Візуалізація складних астрономічних явищ у закладах освіти: світовий досвід та українські реалії. *Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології, природничих наук в контексті вимог Нової української школи*: матеріали VII міжнар. наук.-практ. конф., м. Тернопіль, 22-23 травня 2025 р. С. 234-236.
17. Akram M., Khan H. Exploring Seventh-Grade Students' and Pre-Service Science Teachers' Misconceptions in Astronomical Concepts // *Eurasian Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 2015. Vol. 11, Iss. 5. URL: <https://www.ejmste.com/article/exploring-seventh-grade-students-and-pre-service-science-teachers-misconceptions-in-astronomical-4426>
18. Assessing the Initial Outcomes of a Blended Learning Course for Teachers Facilitating Astronomy Activities... // *MDPI*. 2024. Vol. 14, No. 6. Art. 606. URL: <https://www.mdpi.com/2227-7102/14/6/606>
19. Cole M. et al. Spatial thinking in astronomy education research // *Physical Review Physics Education Research*. 2018. Vol. 14, Iss. 1. URL: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.010139>
20. Innovation in teaching Astronomy and Space Exploration for Improved Learning Experiences // 2024. Vol. 95, no. 2. P. 11.
21. Milgram P., Kishino F. A taxonomy of mixed reality visual displays // *IEICE Transactions on Information and Systems*. 1994. Vol. 77, No. 12.
22. Potkonjak V., Gardner M., Callaghan V. et al. Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering // *Computers & Education*. 2016. Vol. 95. P. 309–327.
23. Sallam H. Exploring the Potential of Virtual Reality and Augmented Reality in Chemistry and Biology Education // *Journal of Educational Technology Systems*. 2020. Vol. 49, Iss. 1. P. 126–140.

24. Svaricek J., Voboril T. Augmented Reality technology as a strategy to enhance learning of spatial astronomy concepts... // CEUR-WS.org. 2025. Vol. 3927. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3927/paper8.pdf>
25. Yerlikaya A., Yerlikaya M. Models Usage in Teaching Astronomy and Visual Literacy // Journal of Education and Training Studies. 2017. Vol. 5, Iss. 5. URL: <https://www.researchgate.net/publication/317042026>