

МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВЧИТЕЛЯ

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

«НЕБЕСНА СФЕРА. РУХ СВІТИЛ НА НЕБЕСНІЙ СФЕРІ»

на основі підручника

«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.).

Зміст

МЕТОДИКА ЗНАХОДЖЕННЯ ОСНОВНИХ СУЗІР'ІВ НА ЗОРЯНОМУ НЕБІ	3
АНАЛІЗ СУЗІР'ІВ ТА ЗОРЯНИХ ВЕЛИЧИН.....	6
ВИЗНАЧЕННЯ ЗОРЯНИХ ВЕЛИЧИН ТА ПОРІВНЯННЯ ЯСКРАВОСТЕЙ ЗІР (ФОРМУЛА ПОГСОНА).....	8
ВИВЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НЕБЕСНОЇ СФЕРИ	10
ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ НЕБЕСНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	12
ДОБОВИЙ РУХ СВІТИЛ НА РІЗНИХ ШИРОТАХ.....	14
ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДЛЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНЕЙ	16
ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ТРОПІЧНОГО РОКУ	18
(СОНЯЧНИЙ КАЛЕНДАР)	18
ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ СИНОДИЧНОГО МІСЯЦЯ	20
(МІСЯЧНИЙ КАЛЕНДАР)	21
РІЧНИЙ РУХ СОНЦЯ ПО ЕКЛІПТИЦІ ЯК ОСНОВА КАЛЕНДАРІВ.....	24
ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОГО СОНЯЧНОГО ЧАСУ ТА ДОВГОТИ	26
ВПЛИВ ШИРОТИ НА ДОБОВИЙ РУХ СОНЦЯ ТА ЗМІНА ПІР РОКУ	28
АСТРОНОМІЧНІ ОЗНАКИ ТЕПЛОВИХ ПОЯСІВ	31
МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛЯРНОГО ДНЯ ТА ПОЛЯРНОЇ НОЧІ	33

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:
 - a. Використання «великого ковша» (Велика Ведмедиця).
 - b. Використання «літнього трикутника» (Вега, Денеб, Альтаїр).
 - c. Використання пояса Оріона (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.

АНАЛІЗ СУЗІР'ІВ ТА ЗОРЯНИХ ВЕЛИЧИН

Мета. Навчитися ідентифікувати ключові сузір'я та їхні найяскравіші зорі на віртуальній небесній сфері. Практично застосувати поняття видимої зоряної величини (m) та системи позначення зір грецькими літерами (позначення Байєра). Вивчити вплив світлового забруднення (атмосфери) на видимість зір.

Віртуальне середовище: Stellarium.

Хід роботи

Налаштування середовища та ідентифікація сузір'їв.

Запуск Stellarium: відкрийте програму і налаштуйте місце спостереження на вашу поточну локацію або будь-яке місто України (наприклад, Тернопіль).

Встановлення часу: встановіть поточну дату та час 23:00 (нічний час).

Активація елементів: увімкніть відображення ліній сузір'їв (клавіша C), назв сузір'їв (клавіша V) та художніх зображень (клавіша R) для наочності.

Завдання 1. Пошук та опис ключових сузір'їв.

Використовуючи функцію пошуку (клавіша F3) та навігацію, знайдіть наступні сузір'я (можна додати та/або змінити): Велика Ведмедиця, Оріон, Кассіопея та Лебідь.

Для кожного сузір'я:

1. Назвіть його найяскравішу зорю (наприклад, для Оріона – Рігель або Бетельгейзе).
2. Знайдіть зорю, позначену грецькою літерою α (альфа), та зорю, позначену β (бета).
3. Сфотографуйте екран (за допомогою клавіші F11 у програмі) з підписаними зорями для звіту (наприклад, для Оріона: зоря α (альфа) – Бетельгейзе, зоря β (бета) – Рігель).

Аналіз зоряних величин

Виведення даних: клацніть мишею на зорі для виведення інформаційного вікна. Знайдіть у вікні значення видимої зоряної величини (m).

Вимкнення атмосфери: вимкніть симуляцію атмосфери (клавіша A) або світлового забруднення (клавіша L). Зверніть увагу, як змінюється кількість видимих зір.

Завдання 2. Порівняння яскравості (m).

Порівняйте видиму зоряну величину (m) зір у сузір'ї Велика Ведмедиця (або оберіть інше сузір'я) та зробіть висновок про принцип позначення зір грецькими літерами:

1. Визначте та запишіть видиму зоряну величину (m) зір Дубхе (α UMa) та Аліот (ϵ UMa), для звіту сфотографуйте екран.
2. Визначте та запишіть m найменш яскравої зорі ковша – Мегрец (δ UMa), для звіту сфотографуйте екран.

Зробіть висновок: Чи завжди зоря з позначенням α (альфа) є найяскравішою у сузір'ї? Обґрунтуйте свою відповідь, посилаючись на отримані значення m .

Завдання 3. Вплив зоряної величини на видимість зорі.

1. Знайдіть зорю з малою яскравістю, наприклад, Менкар (α Ceti) у сузір'ї Кита ($m = 2,5$), для звіту сфотографуйте екран.
2. Знайдіть зорю з великою яскравістю, наприклад, Сіріус (α CMa) ($m = -1,5$), для звіту сфотографуйте екран.

Використовуючи функцію ввімкнення/вимкнення атмосфери (клавіша A) поясніть, як змінюється видимість цих двох зір, коли ви:

- перебуваєте у великому місті (атмосфера увімкнена, світлове забруднення високе).
- перебуваєте далеко від міста (атмосфера вимкнена, ідеальні умови).

Поясніть, що означає від'ємне значення зоряної величини.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗОРЯНИХ ВЕЛИЧИН ТА ПОРІВНЯННЯ ЯСКРАВОСТЕЙ ЗІР (ФОРМУЛА ПОГСОНА)

Ця практична робота поєднує використання даних віртуального планетарію Stellarium для отримання видимих зоряних величин та математичні розрахунки, засновані на формулі Погсона, для кількісного порівняння яскравості зір.

Мета. Навчитися отримувати дані про видиму зоряну величину (m) зір; з'ясувати зв'язок між зоряними величинами та інтенсивністю світла, що надходить від зір; практично застосувати формулу Погсона для визначення, у скільки разів одна зоря яскравіша за іншу.

Віртуальне середовище: Stellarium.

Хід роботи

Зв'язок між видимими зоряними величинами двох зір (m_1 та m_2) та відношенням їхніх блисків (інтенсивностей E_1 та E_2) описується формулою Погсона:

$$\frac{E_1}{E_2} = 10^{0,4(m_2 - m_1)}$$

Зміна зоряної величини на 5 одиниць відповідає зміні яскравості у 100 разів. Зміна на 1 одиницю відповідає зміні яскравості у $\sqrt[5]{100} = 2,512$ рази.

Визначення вхідних даних.

Налаштування: запустіть Stellarium. Встановіть місце спостереження (наприклад, Тернопіль) та час (будь-який нічний час, наприклад, 21:00).

Вибір об'єктів: оберіть три пари зір, які мають помітно різну яскравість. Використовуйте функцію пошуку (F3). Кладніть на зорі та зафіксуйте значення видимої зоряної величини (m) з інформаційного вікна.

Пара зір	Зоря 1 (яскравіша)	Зоря 2 (слабша)	m_1	m_2	$\Delta m = m_2 - m_1$
Пара А (різниця > 3)	Сіріус (α CMa)	Альдебаран (α Tau)			
Пара Б (різниця ≈ 1)	Арктур (α Boo)	Капелла (α Aur)			
Пара В (мала різниця)	Кастор (α Gem)	Поллукс (β Gem)			

Розрахунок відношення яскравостей.

Для кожної пари розрахуйте, у скільки разів зоря 1 яскравіша за зорю 2, використовуючи формулу Погсона.

Пара зір	$\Delta m = m_2 - m_1$	Розрахунок $E_1/E_2 = 10^{0,4 \cdot \Delta m}$	Відношення яскравостей (E_1/E_2)
Пара А			
Пара Б			
Пара В			

Аналіз та візуалізація.

Візуальне порівняння: знайдіть у Stellarium пару В (Кастор та Поллукс). Перевірте, чи відповідає їхня візуальна різниця в яскравості малому числу, отриманому у стовпці E_1/E_2 .

Аналіз екстремальної різниці: порівняйте Сіріус із зорею 6-ї величини – розрахуйте, у скільки разів Сіріус яскравіший за зорю 6-ї величини.

ВИВЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НЕБЕСНОЇ СФЕРИ

Мета. Навчитися ідентифікувати та візуалізувати основні точки, лінії та площини на віртуальній моделі небесної сфери. Вивчити залежність положення елементів небесної сфери (наприклад, полюса світу та небесного екватора) від географічної широти спостерігача. Зрозуміти відмінності між горизонтальною та екваторіальною системами координат.

Віртуальне середовище: Stellarium.

Хід роботи

Ознайомлення з горизонтальною системою.

Запуск та налаштування: відкрийте Stellarium. Встановіть місце спостереження на вашу поточну локацію або будь-яке місто України (наприклад, Тернопіль, 49°34' північної широти).

Візуалізація горизонту: натисніть клавішу H для увімкнення горизонту та клавішу G для увімкнення Землі.

Горизонтальна сітка: увімкніть горизонтальну координатну сітку (клавіша Z або відповідна іконка).

Завдання 1. Визначення основних точок.

1. Знайдіть та сфотографуйте (клавіша F11) наступні основні точки небесної сфери:

- зеніт: точка над головою спостерігача.
- надир: точка, протилежна зеніту (знаходиться під горизонтом).
- точки горизонту: схід (E), захід (W), північ (N), південь (S).

Поясніть, що таке висота та азимут як координати горизонтальної системи, використовуючи візуалізовану сітку.

Вивчення екваторіальної системи.

Відключення атмосфери: вимкніть атмосферу (клавіша A), щоб чітко бачити небесні тіла вдень.

Екваторіальна сітка: увімкніть екваторіальну координатну сітку (клавіша ').

Завдання 2. Ідентифікація полюсів та екватора.

1. Знайдіть та опишіть ключові лінії та точки екваторіальної системи:

- північний полюс світу (P): знайдіть точку, навколо якої обертається вся небесна сфера. Визначте зорю, що знаходиться найближче до неї (Полярна зоря, α UMi).
- небесний екватор: знайдіть велике коло, перпендикулярне до осі світу.
- визначте висоту Північного полюса світу над горизонтом у вашій локації.

Аналіз залежності від широти.

Екліптика: увімкніть відображення екліптики (площина орбіти Землі – клавіша ').

Зміна широти: змініть ваше місце спостереження на наступні точки: північний полюс Землі (90° N), екватор (0°).

Завдання 3. Зв'язок широти та небесної сфери.

Опишіть, як змінюється положення ключових елементів небесної сфери при зміні широти:

1. На північному полюсі: опишіть відносне положення зеніту, північного полюса світу та небесного екватора. Як розташований небесний екватор відносно горизонту?
2. На екваторі: опишіть відносне положення північного полюса світу (як далеко він від горизонту?) та небесного екватора відносно горизонту.
3. Сформулюйте правило, яке пов'язує висоту полюса світу (Полярна зоря) над горизонтом з географічною широтою спостерігача.

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.

Активація 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-мінути-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.

ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ ДЛЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНЕЙ

Радіолокаційний метод є основним для точного визначення відстаней до тіл Сонячної системи (Місяць, планети земної групи, астероїди), що ґрунтується на вимірюванні часу затримки радіосигналу Δt від моменту його відправлення до моменту повернення, відбитого від об'єкта.

Мета. Практичне застосування даних, отриманих із Stellarium, для розрахунку часу, необхідного радіосигналу, щоб подолати відстань до планети.

Віртуальне середовище: Stellarium.

Хід роботи

Відстань L до об'єкта визначається за формулою:

$$L = c\Delta t/2$$

де: L – відстань до об'єкта (в метрах); c – швидкість світла у вакуумі ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с); Δt – повний час затримки сигналу (час «туди й назад») (в секундах).

Налаштування Stellarium та отримання вхідних даних.

Налаштування часу: встановіть поточну дату та час у Stellarium.

Вибір об'єкта: виберіть одну з планет, до якої часто застосовується радіолокаційний метод: Марс або Венера.

Вимірювання відстані: клацніть на вибраній планеті. В інформаційному вікні (зліва) знайдіть параметр «Відстань до Землі» (Distance to Earth) або «Відстань» (Distance).

Фіксація даних: зафіксуйте точне значення відстані L до планети у кілометрах (км).

Планета	Час спостереження	Відстань до Землі, $L_{\text{Stellarium}}$ (км)
Марс/Венера	(Ваше значення)	

Переведення одиниць вимірювання.

Для використання у формулі необхідно перевести відстань із кілометрів у метри: $L_{\text{м}} = L_{\text{км}} \cdot 1000$.

Розрахунок:

$$L_{\text{м}} = (\text{Ваше значення}) \cdot 1000 = (\text{Отримане значення в метрах})$$

Обчислення часу затримки радіосигналу (Δt).

Використовуючи модифіковану формулу радіолокаційного методу, розрахуйте час Δt (в секундах), необхідний радіосигналу, щоб дійти до планети та повернутися назад: $\Delta t = 2L_M/c$.

Розрахунок:

$$\Delta t = 2L_M / (3 \cdot 10^8 \text{ м/с}) = (\text{Отримане значення в секундах})$$

Аналіз та порівняння

Переведіть отриманий час Δt із секунд у хвилини, поділивши його на 60.

Розрахунок:

$$\Delta t_{\text{хв}} = \Delta t_c / 60 = (\text{Отримане значення в хвилинах})$$

Змініть час у Stellarium на 12 годин вперед або назад і знову зафіксуйте відстань L' до тієї ж планети. Порівняйте отримані значення Δt і $\Delta t'$. Поясніть, чому значення змінилося.

Звіт та висновок

1. Зафіксуйте всі вихідні дані та кроки розрахунку.
2. Сформулюйте висновок про те, яке значення Δt ви отримали для обраної планети.
3. Поясніть, чому радіолокаційний метод застосовується лише до об'єктів Сонячної системи, але не до зір чи галактик (використайте отримане значення Δt для обґрунтування).
4. Вкажіть, як змінилося б Δt , якби ви обрали планету, що знаходиться в протистоянні (найближча відстань до Землі) чи в сполученні (найбільша відстань).

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).

- У вікні інформації Сонця контролюйте, щоб пряме піднесення було максимально наближене до $0^h0^m0^s$, а схилення переходило від від'ємного до додатного значення.

Рік	Дата та час першого проходження (T_1)

Завдання 2. Фіксація другого проходження (Рік 2).

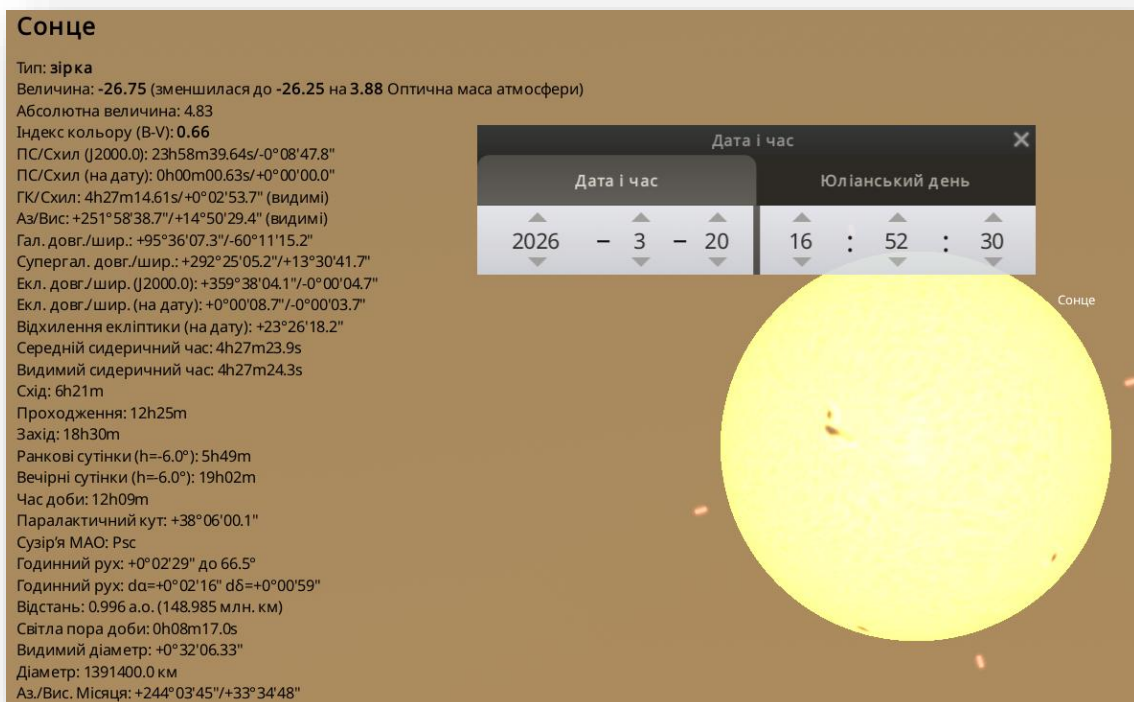
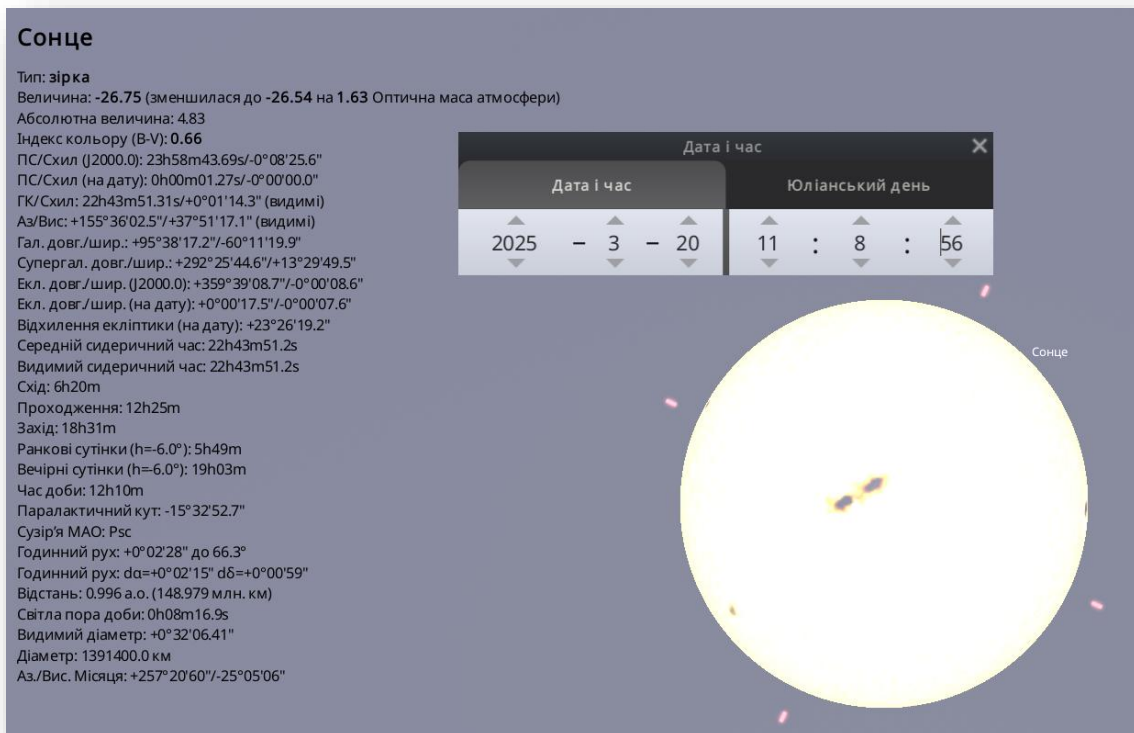
- Перемотайте час у Stellarium рівно на 365 діб вперед від зафіксованої дати T_1 .
- Знову використовуйте повільне керування часом, щоб точно зафіксувати момент (T_2), коли Сонце в наступному році знову перетинає небесний екватор.
- Переконайтеся, що схилення переходить від від'ємного до додатного значення.

Рік	Дата та час другого проходження (T_2)

Завдання 3. Розрахунок тривалості тропічного року.

- Розрахуйте інтервал часу $\Delta T = T_2 - T_1$.
- Різниця в днях, годинах, хвилинах, секундах: $\Delta T = (\text{різниця кількості діб}) + (\text{різниця годин}) + (\text{різниця хвилин}) + (\text{різниця секунд})$.
- Переведіть отриману різницю в десяткову частину доби: $\Delta T (\text{доби}) = (\text{різниця годин}) / 24 + (\text{різниця хвилин}) / 1440 + (\text{різниця секунд}) / 86400$.
- Порівняйте отримане значення тривалості тропічного року з прийнятим науковим значенням (365,2422 доби) та обговоріть можливу похибку, яка може виникати через точність симуляції.
- 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).

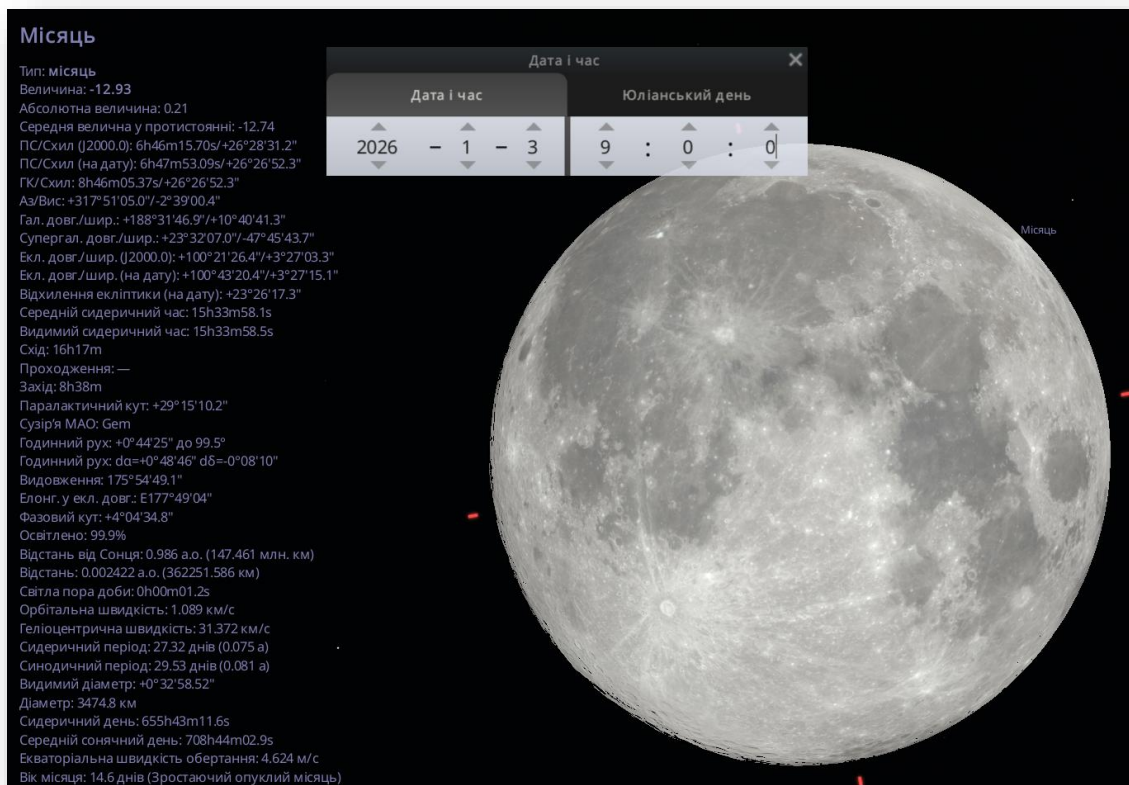
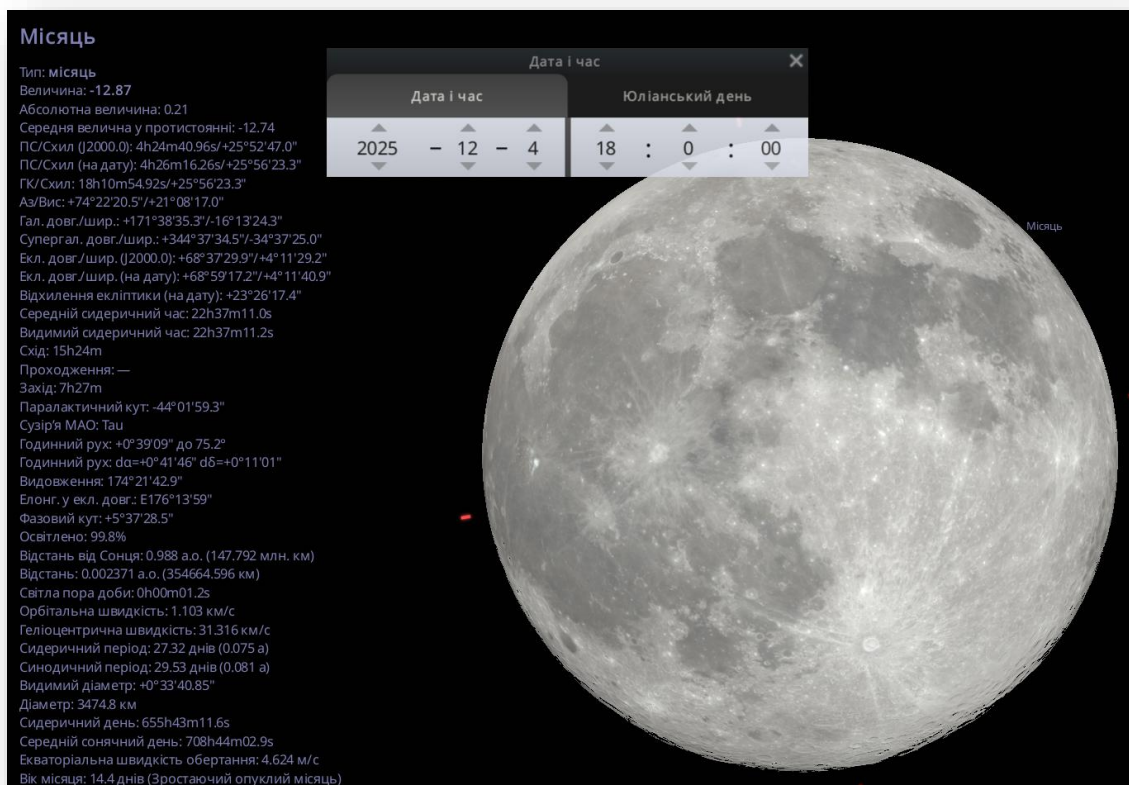
Фаза	Дата (T)	Час (година : хвилина)
Повня 1 (T_1)		
Повня 2 (T_2)		
Повня 3 (T_3)		

Завдання 2. Розрахунок тривалості синодичного місяця.

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

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

Приклад звіту.



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

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 (рівнодення та сонцестояння) 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. Змінюйте 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.

ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОГО СОНЯЧНОГО ЧАСУ ТА ДОВГОТИ

Мета. З'ясувати зв'язок між місцевим середнім сонячним часом та географічною довготою (на основі співвідношення 1 година = 15° довготи або 4 хвилини часу = 1° довготи).

Віртуальне середовище: Stellarium.

Хід роботи

Справжній полудень (момент проходження Сонця через небесний меридіан) настає у всіх пунктах, що лежать на одному меридіані, одночасно. Різниця в часі настання полудня між двома містами, виміряна за середнім сонячним часом, безпосередньо відповідає різниці їхніх географічних довгот.

Завдання 1. Вхідні географічні дані

Місто	Географічна довгота (λ)
Київ (вихідна точка)	30°31' сх. д.
Тернопіль (точка порівняння)	25°30' сх. д.
Ваше розташування	

Розрахунок різниці довгот $\Delta\lambda$:

$$\Delta\lambda = \lambda_K - \lambda_T = 30^\circ 31' - 25^\circ 30' = 5^\circ 01'.$$

Завдання 2. Визначення моменту полудня для Києва.

1. Встановіть місце спостереження: введіть координати Києва (або оберіть інше вихідне місце спостереження).
2. Встановіть дату, наприклад, 21 березня (день весняного рівнодення).
3. Увімкніть відображення азимутальної сітки (клавіша Z).
4. Використовуйте функцію прискорення часу, щоб знайти точний момент, коли центр Сонця перетинає південну частину небесного меридіана (найвища точка на півдні).
5. Зафіксуйте середній сонячний час (відображається внизу екрана Stellarium) у момент кульмінації Сонця. Це буде час T_K .

Завдання 3. Визначення моменту полудня для Тернополя.

1. Змініть локацію: установіть координати Тернополя. Дата та системний час залишаються незмінними!
2. Знайдіть справжній полудень – повторіть процес, використовуючи прискорення часу, щоб знайти момент, коли Сонце перетинає південний меридіан для Тернополя.
3. Зафіксуйте середній сонячний час у момент кульмінації Сонця. Це буде час T_T .

Завдання 4. Аналіз та порівняння.

1. Розрахунок різниці в часі. Обчисліть різницю між часом настання полудня у двох містах:

$$\Delta T = T_K - T_T$$

2. Перевірка (теоретичний розрахунок) – переведіть отриману різницю довгот $\Delta\lambda = 5^\circ 01'$ у час, користуючись співвідношеннями або 1° довготи = 4 хвилини часу та $1'$ довготи = 4 секунди часу:

$$\Delta T_{\text{теор}} = 5^\circ \cdot 4(\text{хв}/^\circ) + 1' \cdot 4(\text{с}/') = 20 \text{ хв } 04 \text{ с.}$$

3. Порівняйте ΔT (отриману зі Stellarium) та $\Delta T_{\text{теор}}$.

Звіт та висновок.

1. Наведіть знімки екрана для підтвердження отриманих результатів.
2. Обґрунтуйте, чому полудень у Тернополі настав раніше/пізніше (виходячи з результатів) ніж у Києві, використовуючи поняття східної та західної довготи.
3. Сформулюйте висновок про зв'язок між місцевим середнім сонячним часом та географічною довготою, підтверджуючи або спростовуючи емпірично отриману різницю розрахованим теоретичним значенням (значення мають збігтися).

ВПЛИВ ШИРОТИ НА ДОБОВИЙ РУХ СОНЦЯ ТА ЗМІНА ПІР РОКУ

Мета. Візуально проаналізувати та розрахувати зміну висоти Сонця під час кульмінації на трьох кардинально різних широтах, щоб продемонструвати причини зміни пір року та тривалості дня.

Віртуальне середовище: Stellarium.

Хід роботи

Висота Сонця над горизонтом у момент верхньої кульмінації (справжній полудень) $h_{\max}$ пов'язана з географічною широтою місця φ та схиленням Сонця δ формулою:

$$h_{\max} = 90^\circ - \varphi + \delta,$$

де δ дорівнює:

весняне/осіннє рівнодення: $\delta = 0^\circ$.

літнє сонцестояння: $\delta = +23,5^\circ$.

зимове сонцестояння: $\delta = -23,5^\circ$.

Завдання 1. Налаштування середовища та визначення вихідних точок.

1. Налаштуйте відображення азимутальної (горизонтальної) сітки (клавіша Z).
2. Оберіть три кардинально різні за широтою пункти спостереження, використовуючи Тернопіль (або ваше положення) як представника помірної зони:
 - a. Тропічна зона (екватор): Кіто, Еквадор ($\varphi = 0^\circ$)
 - b. Помірна зона (Україна): Тернопіль ($\varphi = 49^\circ 34'$ пн. ш.)
 - c. Заполярна зона (Арктика): Нордкап, Норвегія ($\varphi = 71^\circ 10'$ пн. ш.)

Завдання 2. Аналіз у дні рівнодень та сонцестоянь.

Для кожного з трьох пунктів спостереження встановіть наступні дати і виконайте візуальний аналіз та фіксацію даних у Stellarium:

Дата	Астрономічна подія	Приблизне схилення δ
21 березня 23 вересня	Весняне рівнодення Осіньне рівнодення	$\delta = 0^\circ$
22 червня	Літнє сонцестояння	$\delta = +23,5^\circ$
22 грудня	Зимове сонцестояння	$\delta = -23,5^\circ$

Виконайте для кожного з трьох пунктів спостереження наступні дії:

1. Встановіть дату та місце.
2. Використовуйте прискорення часу, щоб знайти точний момент верхньої кульмінації Сонця (найвища точка на півдні).
3. Клацніть на Сонці та зафіксуйте значення висоти (Altitude) у цей момент ($h_{\max}$).
4. Знайдіть у інформаційному вікні час сходу та заходу Сонця (момент, коли Сонце перетинає горизонт і розрахуйте тривалість дня).

Місто (ϕ)	Дата	$h_{\max}$ (за Stellarium)	Тривалість дня (годин)
Кіто, Еквадор ($\phi = 0^\circ$)	21.03		
	22.06		
	23.09		
	22.12		
Тернопіль ($\phi = 49^\circ 34'$ пн. ш.)	21.03		
	22.06		
	23.09		
	22.12		
Нордкап, Норвегія ($\phi = 71^\circ 10'$ пн. ш.)	21.03		
	22.06		
	23.09		
	22.12		

Завдання 3. Аналіз та візуалізація.

1. Встановіть час спостереження на 22 червня (літнє сонцестояння) і візуально порівняйте траєкторії Сонця у Тернополі та Нордкапі.
2. Для Тернополя проведіть теоретичні розрахунки максимальної висоти Сонця в дні рівнодень та сонцестоянь та порівняйте їх із значеннями, отриманими зі Stellarium.

Місто (φ)	Дата	$h_{\max}$ (за Stellarium)	$h_{\max} = 90^\circ - \varphi + \delta$
Кіто, Еквадор ($\varphi = 0^\circ$)	21.03		
	22.06		
	23.09		
	22.12		
Тернопіль ($\varphi = 49^\circ 34'$ пн. ш.)	21.03		
	22.06		
	23.09		
	22.12		
Нордкап, Норвегія ($\varphi = 71^\circ 10'$ пн. ш.)	21.03		
	22.06		
	23.09		
	22.12		

Звіт та висновок.

1. Надайте заповнені таблиці з даними, отриманими зі Stellarium (відповідні знімки екрана) та розрахованими теоретично.
2. Поясніть, використовуючи поняття схилення Сонця та нахилу земної осі, чому: зміна висоти Сонця у Тернополі між літом і зимою значно більша, ніж у Кіто; тривалість дня в Нордкапі 22 грудня становить 0 годин (полярна ніч), а 22 червня – 24 години (полярний день).
3. Сформулюйте загальний висновок про вплив географічної широти на добовий рух Сонця та зміну пір року, акцентуючи увагу на тому, що в помірних широтах сезонна зміна висоти Сонця має найбільший вплив.

АСТРОНОМІЧНІ ОЗНАКИ ТЕПЛОВИХ ПОЯСІВ

Мета. Визначити та візуально порівняти особливості руху Сонця (верхня/нижня кульмінація, тривалість дня) на широтах, що обмежують теплові пояси.

Віртуальне середовище: Stellarium.

Хід роботи

Межі теплових поясів визначаються такими астрономічними лініями:

- Тропіки ($\pm 23,5^\circ$) – тут Сонце може перебувати в зеніті ($h = 90^\circ$) двічі на рік, це межі тропічного поясу.
- Полярні кола ($\pm 66,5^\circ$) – тут Сонце раз на рік у дні сонцестоянь може не заходити (полярний день) або не сходити (полярна ніч), це межі полярних поясів.
- Помірний пояс розташований між тропіком та полярним колом (Сонце ніколи не буває в зеніті, але завжди сходить і заходить).

Хід роботи

Завдання 1. Налаштування та фіксація ключових точок.

1. Увімкніть азимутальну (горизонтальну) сітку (клавіша Z).
2. Встановіть місце спостереження на ключові широти, що представляють теплові пояси, та Тернопіль:

Місце спостереження	Географічна широта (ϕ)	Тепловий пояс
Кіто (Еквадор)	0°	Тропічний (центральна частина)
Тропік Рака (Асуан, Єгипет)	$23,5^\circ$ пн. ш.	Межа тропічного/помірного
Тернопіль (Україна)	$49,6^\circ$ пн. ш.	Помірний
Полярне коло (Рейк'явік, Ісландія)	$64,1^\circ$ пн. ш.	Близько до полярного

Завдання 2. Аналіз у день літнього сонцестояння (22 червня).

1. Встановіть дату 22 червня (Сонце має максимальне схилення $\delta = +23,5^\circ$) та проаналізуйте траєкторію Сонця для кожної локації.

Місце спостереження	$h_{\max}$ (за Stellarium)	Тривалість дня	Астрономічна ознака
---------------------	----------------------------	----------------	---------------------

Кіто (Еквадор)			
Тропік Рака (Асуан, Єгипет)			
Тернопіль (Україна)			
Полярне коло (Рейк'явік, Ісландія)			

Завдання 3. Аналіз у день зимового сонцестояння (22 грудня)

1. Встановіть дату 22 грудня (Сонце має мінімальне схилення $\delta = -23,5^\circ$) та проаналізуйте траєкторію Сонця для кожної локації.

Місце спостереження	$h_{\max}$ (за Stellarium)	Тривалість дня	Астрономічна ознака
Кіто (Еквадор)			
Тропік Рака (Асуан, Єгипет)			
Тернопіль (Україна)			
Полярне коло (Рейк'явік, Ісландія)			

Звіт та висновок.

1. Надайте заповнені таблиці з даними, отриманими зі Stellarium (відповідні знімки екрана).
2. Поясніть, використовуючи отримані дані:
 - а. Тропічний пояс – як добовий рух Сонця відрізняється від інших поясів?
 - б. Помірний пояс – обґрунтуйте, чому Тернопіль належить до помірного поясу, посилаючись на значення $h_{\max}$ та тривалість дня.
 - с. Полярний пояс – як «виглядає» полярний день/ніч на широті, близькій до Полярного кола?
3. Сформулюйте загальний висновок про те, як схилення Сонця та географічна широта визначають розподіл сонячної енергії та формування теплових поясів.

МОДЕЛЮВАННЯ ПОЛЯРНОГО ДНЯ ТА ПОЛЯРНОЇ НОЧІ

Мета. Візуально продемонструвати та розрахувати тривалість полярного дня (Сонце не заходить) та полярної ночі (Сонце не сходить) у двох точках, розташованих за межами полярного кола.

Віртуальне середовище: Stellarium.

Хід роботи

Явища полярного дня та ночі виникають у широтах, що перевищують полярне коло ($|\varphi| > 90^\circ - 23,5^\circ = 66,5^\circ$). Тривалість цих явищ залежить від географічної широти (φ): чим далі від полярного кола, тим довшими є полярний день та ніч.

Завдання 1. Налаштування середовища та вибір локацій.

Налаштуйте відображення азимутальної (горизонтальної) сітки (клавіша Z).

Оберіть два місця спостереження, що розташовані за Північним полярним колом, наприклад:

- Близько до кола: Тромсе, Норвегія – як приклад, де явища короточасні.
- Глибоко в Арктиці: Лонг'їр, Шпіцберген, Норвегія – як приклад, де явища тривалі.

Місто	Приблизна широта (φ)
Тромсе	$64^\circ 40'$ пн. ш.
Лонг'їр	$78^\circ 13'$ пн. ш.

Завдання 2. Моделювання полярного дня (літо).

1. Оберіть дату 22 червня (літнє сонцестояння, $\delta = +23,5^\circ$).
2. Встановіть локацію на Тромсе. Використовуйте прискорення часу (клавіша L), щоб прокрутити добу.
3. Визначте, чи заходить Сонце за горизонт. Якщо так, то зафіксуйте час заходу. Якщо ні – підтвердьте полярний день (відповідні знімки екрана).
4. Змініть локацію на Лонг'їр.
5. «Прокрутіть» добу, візуально спостерігаючи за траєкторією Сонця. Підтвердьте полярний день (відповідні знімки екрана). Зверніть увагу на

мінімальну висоту Сонця над горизонтом у момент нижньої кульмінації (опівночі).

Місто (ϕ)	Чи сходить Сонце (Так/Ні)	$h_{\min}$ (за Stellarium)	$h_{\min} = \delta + \phi - 90^\circ$
Тромсе			
Лонг'їр			

Завдання 3. Моделювання полярної ночі (зима)

1. Оберіть дату 22 грудня (зимове сонцестояння, $\delta = -23,5^\circ$).
2. Встановіть локацію на Тромсе. «Прокрутіть добу».
3. Визначте, чи сходить Сонце над горизонтом. Якщо так, зафіксуйте час сходу. Якщо ні, підтвердьте полярну ніч (відповідні знімки екрана).
4. Змініть локацію на Лонг'їр. «Прокрутіть добу».
5. Підтвердьте полярну ніч (відповідні знімки екрана). Зверніть увагу на максимальну висоту Сонця над горизонтом у момент верхньої кульмінації (опівдні).

Місто (ϕ)	Чи сходить Сонце (Так/Ні)	$h_{\max}$ (за Stellarium)	$h_{\max} = 90^\circ - \phi + \delta$
Тромсе			
Лонг'їр			

Звіт та висновок.

1. Надайте заповнені таблиці з даними, отриманими зі Stellarium (відповідні знімки екрана).
2. Поясніть, чому явище полярного дня та ночі у Лонг'їрі є значно довшим (починається раніше та закінчується пізніше), ніж у Тромсе. Використайте поняття відстані від полярного кола для обґрунтування. Сформулюйте загальний висновок.