Завдання ІІІ етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії

10 клас

Тестові завдання (20 балів)

1. Яку структуру має наша Галактика?
А. Еліптичну. ***Б. Спіральну.*** *В. Неправильну.* *Г. Кулясту.* *Д. Циліндричну.*

2. Якої фази Місяця не існує?
А. Новий Місяць *Б.* Перша чверть ***В.*** Повний Місяць
***Г.* Друга чверть** *Д.* Остання чверть

3. Як називаються точки перетину небесної сфери з віссю обертання Землі, що продовжена у космос?
А. Термінатор *Б. Меридіан* *В. Екватор.*
Г. Екліптика. ***Д. Полюси світу.***

4. Який кут між площинами екватора та екліптики?
А. 0° **Б. 23,5°** В. 45° Г. 66,5° Д. 90°.

5. У яку пору року орбітальна швидкість Землі найбільша?
А. Зимою *Б. Весною* *В. Літом* *Г. Восени* *Д. Завжди однакова.*

6. Земля знаходиться найближче до Сонця:
А. 22 червня. *Б. 3 липня.* *В. 22 грудня.* ***Г. 4 січня.*** *Д. 21 березня.*

7. Які небезпечні для життя промені затримує шар озону в земній атмосфері?
А. Рентгенівські промені. ***Б. Ультрафіолетові промені.***
В. Гамма-промені. *Г. Інфрачервоні промені.* *Д. Радіохвилі.*

8. Яка планета земної групи має найгустішу атмосферу?
А. Меркурій. ***Б. Венера.*** *В. Земля.* *Г. Марс.*

9. Яка планета обертається навколо осі у протилежному порівняно з Землею напрямку?
А. Меркурій. ***Б. Венера.*** *В. Земля.* *Г. Марс.*

10. Найвища гора в Сонячній системі знаходиться:
А. На Меркурії. *Б. На Місяці.* *В. На Землі.* ***Г. На Марсі.*** *Д. На Венері.*

11. Які гази є основним компонентом атмосфери планет гігантів?
А. Кисень і азот. *Б. Водень і кисень.* *В. Азот і водень.* *Г. Кисень і вуглекислий газ.* ***Д. Водень і гелій.***

12. Коли астрономи відкрили Велику Червону Пляму на Юпітері?
А. 300 років тому. *Б. 100 років тому.*
В. 40 років тому (АМС «Піонер»). *Г. 30 років тому (АМС «Вояджер-1»).*
Д. 2000 року (космічним телескопом «Габбл»).

Тернопіль 16 січня 2020 року

13. Які супутники відкрив Галілей за допомогою першого телескопа?
А. Фобос і Деймос. *Б. Титан, Япет та Енцелад.*
В. Мімас, Янус, Рею й Тефію. *Г. Тритон, Харон, Медузу та Нереїду.*
Д. Іо, Ганімед, Каллісто та Європу.

14. . Що означає межа Роша?
А. Межа, за яку не можуть долетіти сучасні ракети.
Б. Межа на відстані 100 а. о. від Сонця, куди ще не долетіли автоматичні міжпланетні станції.
В. Межа на відстані 2,4 радіуса планети, де не можуть обертатись штучні супутники Землі.
Г. Межа на відстані 2,4 радіуса планети, де не можуть обертатись великі супутники планет.
Д. Чорна діра, куди зникають супутники планет.

15. Хмара Оорта складається:
А. Із пилу. *Б. Із планет.* ***В. Із комет.*** *Г. Із газу.* *Д. Із зір.*

16. Слово «астероїд» означає:
А. Схожий на зорю. *Б. Шматок льоду.* *В. Мала планета.*
Г. Велика планета. *Д. Кам'яна брила.*
Відповідь. А.

17. Магнітна буря—це явище збурення магнітного поля Землі під дією:
А. Космічних променів із міжгалактичного простору. ***Б. Спалаху на Сонці.***
В. Магнітного поля сонячних плям. *Г. Полярного сяйва.*
Д. Грозових розрядів в атмосфері Землі.

18. Яка зоря є найяскравішою на земному небі?
А. Вега. *Б. Сиріус.* *В. Капелла.* ***Г. Сонце.*** *Д. Альтаїр.*

19. Видима зоряна величина визначає:
А. Розмір зорі. *Б. Радіус зорі.* *В. Яскравість зорі.*
Г. Освітленість, яку створює зоря на Землі. *Д. Температуру зорі.*

20. Що означає в астрономії термін «реліктове випромінювання»?
А. Загадкове випромінювання.
Б. Електромагнітні хвилі, які утворились в еру випромінювання, ще до виникнення зір і галактик.
В. Випромінювання, від якого загинули реліктові тварини.
Г.Випромінювання, від якого загинули реліктові рослини папороті.
Д. Нейтринне випромінювання.

10 клас

Теоретичні завдання (20 балів)

1. З деякого астероїда періодично можна спостерігати повне затемнення Сонця, викликане проходженням по диску Сонця планети Юпітер. При цьому повне затемнення триває трохи більше хвилини. Скільки часу проходить між двома такими послідовними затемненнями? Орбіти Юпітера і астероїда вважати коловими і такими, що лежать в одній площині.

Радіус Юпітера приблизно в 10 разів менше радіуса Сонця.

Маса Юпітера приблизно в 10^3 разів менше маси Сонця.

Середні густини Сонця і Юпітера однакові.

Очевидно, що орбіта астероїда розташовується далі від Сонця, ніж орбіта Юпітера і затемнення трапляються в ті моменти, коли Юпітер для астероїда знаходиться в нижньому сполученні, а астероїд для Юпітера – в протистоянні. З умови, що затемнення тривають не більше хвилини, слідує (по аналогії з повними сонячними затемненнями на Землі), що Юпітер і Сонце з астероїда в моменти затемнень видно під одним і тим же кутом. Отже, відстань від Юпітера до астероїда в момент затемнення L у стільки ж разів менша радіуса орбіти астероїда a, у скільки разів лінійний радіус Юпітера $R_♃$ менше лінійного радіуса Сонця $R_\odot$.

$$\frac{L}{a} = \frac{R_♃}{R_\odot}.$$

У момент затемнення відстань між Юпітером і астероїдом дорівнює різниці радіусів їх орбіт: $L = a - a_♃$, отже

$$\frac{L}{a} = \frac{a - a_♃}{a} = 1 - \frac{a_♃}{a} = \frac{R_♃}{R_\odot} \quad \Longrightarrow \quad \frac{a_♃}{a} = 1 - \frac{R_♃}{R_\odot}$$

Відомо, що радіус Юпітера приблизно в 10 разів менше радіуса Сонця (або відомо, що маса Юпітера приблизно в 10^3 разів менше маси Сонця, а середні густини однакові, звідси отримуємо шукане співвідношення), отже

$$\frac{a_♃}{a} = 1 - \frac{R_♃}{R_\odot} = 1 - \frac{1}{10} = \frac{9}{10}.$$

Оскільки за умовою завдання орбіти колові і лежать в одній площині, затемнення Сонця Юпітером для астероїда спостерігається кожне нижнє сполучення Юпітера, отже, між послідовними затемненнями проходить рівно один синодичний період S.

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_♃} - \frac{1}{T} \quad \Longrightarrow \quad \frac{T_♃}{S} = 1 - \frac{T_♃}{T}.$$

Відношення періодів, знаючи відношення радіусів орбіт, можна отримати з ІІІ закону Кеплера:

$$\frac{T_♃}{T} = \left(\frac{a_♃}{a}\right)^{\frac{3}{2}} = \left(\frac{9}{10}\right)^{\frac{3}{2}}, \quad \frac{T_♃}{S} = 1 - \left(\frac{9}{10}\right)^{\frac{3}{2}} \approx 0.15. \quad S \approx \frac{T_♃}{0.15} \approx \frac{12}{0.15} = 80$$

2. Ви висадилися на абсолютно невідому планету, будь-які дані про яку у Вас відсутні. Умови на планеті більш-менш придатні для життя, зокрема, атмосфера

прозора в оптичному діапазоні. Рельєф на планеті майже відсутній, місце висадки знаходиться на великій рівній ділянці. Період обертання планети навколо осі істотно менший періоду її обертання навколо зорі, кут нахилу площини екватора планети до площини її орбіти навколо зорі не перевищує 45°. Вам необхідно оцінити: тривалість місцевих «сонячних» діб; тривалість року; свою широту; радіус планети; масу планети. У вашому розпорядженні є: годинник з секундоміром, лінійка, а також деякий запас невеликих побутових предметів, палиць і мотузків. На вимірювання Ви можете витратити кілька діб.

Можливі методи розв'язання задачі досить різноманітні, так що учасники можуть вибирати різні способи отримання шуканих величин. Природно, при якщо запропоновані методи реалізовані і забезпечують більш-менш прийнятну точність, вони будуть зараховані. Ми викладемо тільки деякі з можливих варіантів дій.

Визначення тривалості доби і року. Тривалість «сонячної» доби вимірюється як інтервал часу між двома послідовними верхніми кульмінаціями «Сонця». Для визначення моменту кульмінації можна, встромивши в землю вертикальну палицю, фіксувати положення кінця його тіні протягом дня. Тінь мінімального розміру буде задавати напрямок небесного меридіана, після чого залишиться лише зафіксувати моменти проходження «Сонця» через меридіан.

Вже знайдений меридіан можна використовувати і для визначення тривалості зоряної доби (тобто періоду обертання планети навколо своєї осі) потрібно виміряти інтервал між двома послідовними проходженнями якої-небудь однієї зірки через меридіан. Якщо тривалість «сонячної» доби виявилася рівною *T*, а тривалість зоряної *S*, то відношення

$$P = T/|S - T|$$

дорівнюватиме тривалості року в зоряних добах.

Справді, якщо планета обертається навколо своєї осі в ту ж сторону, що і навколо зорі (при цьому S < T), то протягом року кількість зоряних діб буде на одиницю більша кількості «сонячних», а вираз для обчислення *P* можна переписати як

$$\frac{1}{P \cdot S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{S},$$

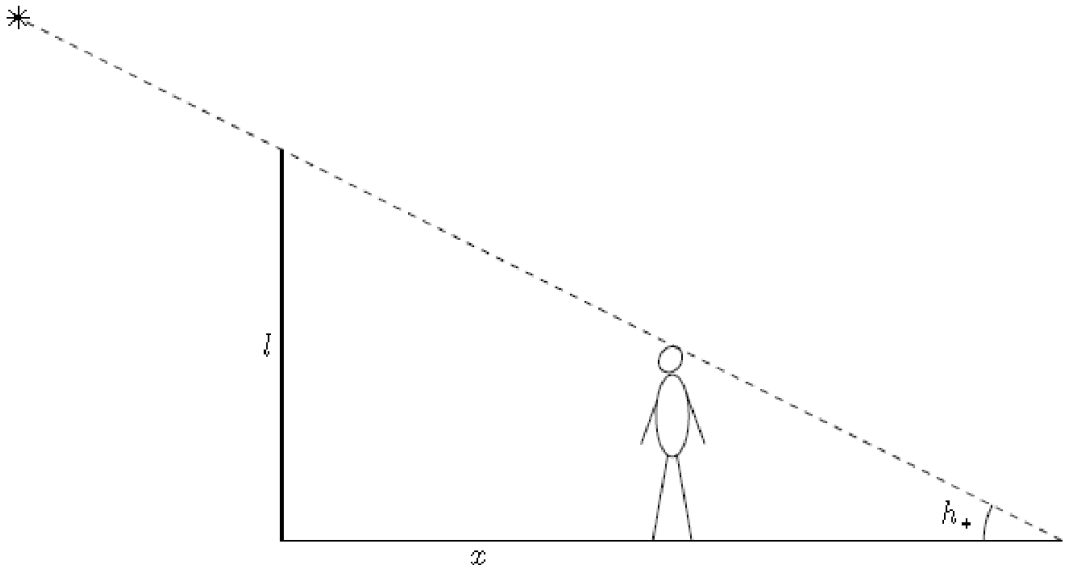
«сонячна» доба при цьому є синодичним періодом, що виникає з двох реальних періодів обертання планети навколо осі *S* і обертання навколо зорі *PS*. Якщо ж напрямок осьового обертання планети і обертання навколо зорі різні, то хід міркувань залишається тим же, але S > T, тому в правій частині виразу для синодичного періоду T і S поміняються місцями.

Проміжні випадки, коли планета обертається «лежачи на боці», як Уран в Сонячній системі, можна не розглядати (за умовою кут нахилу площини екватора планети до площини її орбіти навколо зорі не перевищує 45°.

Завдання ІІІ етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії

Визначення широти місця. Основою всіх методів вимірювання широти є оцінка висоти полюса світу над горизонтом, яка збігається з широтою місця спостереження. Якщо більше половини доби займає ніч, то можна знайти будь-яку зорю, яка спостерігається як у верхній, так і в нижній кульмінації, тоді посередині між положеннями двох кульмінацій буде знаходитися полюс світу. Краще, якщо зоря буде матиме обидві кульмінації з одного боку від зеніту (відповідні об'єкти легко вибрати, знайшовши протягом дня напрямок на полуденне положення «Сонця»).

Висоти зірки в кульмінації можна виміряти, скориставшись жердиною (краще, якщо вона буде вище росту людини) і знайшовши відстань, з якої спостерігач буде бачити зірку в точності на кінці жердини. Тоді, знаючи висоту жердини l і висоту спостерігача h, а також відстань від жердини до спостерігача x, ми можемо обчислити висоту зірки над горизонтом h_+.



З рисунка видно, що

$$\frac{l}{\frac{h}{\operatorname{tg} h_+} + x} = \operatorname{tg} h_+, \qquad \operatorname{tg} h_+ = \frac{l-h}{x}.$$

«Інструмент» є простим у використанні, в темряві доведеться фіксувати тільки положення спостерігача щодо жердини, що можна робити за допомогою яких-небудь кілочків, встромляючи в землю там, де спостерігач перебував при спостереженні зірки.

Якщо підібрати зірку, у якій можна спостерігати дві кульмінації відразу, не вдасться, то питання буде трохи складніше. Однак можна протягом ночі кілька разів визначити висоти і азимути (по відношенню до будь-якого виділеного напрямку) кількох навколополюсних зір, а потім, намалювавши відповідні ділянки їх добових траєкторій, знайти центр, щодо якого вони рухаються. В принципі, обидва методи можна поєднувати, усереднюючи результати, точність тільки зросте.

Визначення радіуса планети. Класичний метод вирішення цього завдання передбачає оцінку зниження горизонту на різних висотах над поверхнею планети. Цей метод розробив на початку XI століття Абу Рейхан Мухаммед ібн Ахмед Аль-Біруні.

Місце висадки знаходиться на рівному просторі, височин за умовою поблизу немає (і немає підстав вважати, що за наявні кілька днів до них вдасться дістатися), а наявних матеріальних запасів, мабуть, не так багато, щоб побудувати досить високу гору безпосередньо з них. Зате в нашому розпорядженні є те, чого не було у Аль-Біруні – найточніший годинник. Тому ми будемо діяти так.

Під час заходу «Сонця» спостерігач лягає на землю і фіксує час, коли верхній край диска зірки торкається горизонту (можна використовувати і нижній край, але верхній зручніше – не так сліпить очі). Заодно фіксується і напрямок, в якому спостерігався в цей момент верхній край диска.

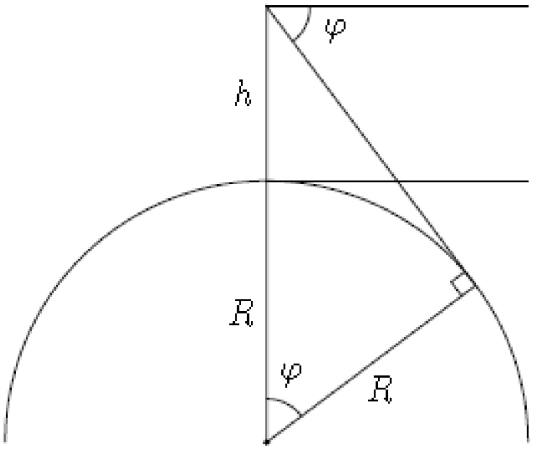
Потім спостерігач встає на ноги і повторює ту ж процедуру, але вже в вертикальному положенні. В результаті ми знаємо час, який минув між заходами на висотах, які відрізняються зростом спостерігача (який ми вже виміряли раніше) і різницю азимутів заходу.

Якщо різниця азимутів виявиться невеликою (що означає, що ми потрапили не в полярну зону планети), то нею можна просто знехтувати. Тоді, вимірявши різницю моментів заходу ΔT і знаючи тривалість сонячної доби T, ми фактично визначили зниження горизонту

Тернопіль 16 січня 2020 року

$$\varphi = \frac{\Delta \dot{T}}{T} \cdot 2\pi$$

(в радіанах) з висоти спостерігача *h*.



З рисунка видно, що

$$\cos\varphi = \frac{R}{R+h} = \frac{R+h-h}{R+h} = 1 - \frac{h}{R+h} \approx 1 - \frac{h}{R}.$$

В принципі, для обчислення радіуса планети *R* цього достатньо, але якщо серед «побутових предметів» немає калькулятора, то варто спростити собі життя, згадавши, що косинус малого кута, вираженого в радіанах, можна записати як

$$\cos\varphi \approx 1 - \frac{\varphi^2}{2}.$$

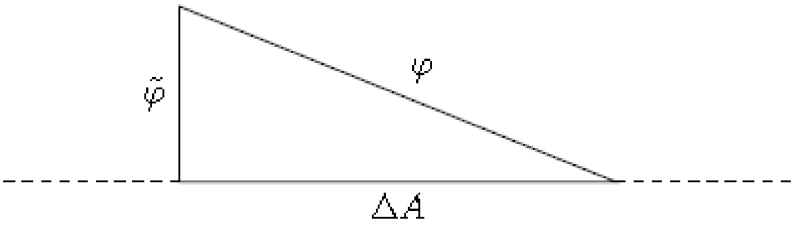
Звідси

$$\frac{\varphi^2}{2} \approx \frac{h}{R}$$

і остаточно отримуємо

$$R = \frac{2h}{\varphi^2}.$$

Якщо ж ситуація складніша і азимути точок заходів істотно відрізняються, то «Сонце» заходило за горизонт не під прямим кутом до горизонту, і виміряний нами час фактично відповідає більшому зниженню горизонту, ніж є насправді (а обчислюваний радіус планети виявиться заниженим) . Щоб це врахувати, намалюємо ще один креслення:



$$\tilde{\varphi} = \sqrt{\varphi^2 - \Delta A^2}$$

Визначення маси планети. В першу чергу слід визначити прискорення вільного падіння. Найефективніший спосіб це зробити – виготовити математичний маятник з відомою довжиною *l* і виміряти його період

$$t = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

звідки можна обчислити g. Потім, знаючи радіус планети і прискорення вільного падіння, можна знайти масу:

$$M = \frac{gR^2}{G}.$$

Завдання ІІІ етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії

Практичне завдання (15 балів)



Фотографія «зорекруту» у приполярній ділянці неба зроблена по технології накладання знімків. У даному фото використана серія знімків експозицією (часом зйомки) по 30 с кожен. Саме тому трек супутника у верхній частині фото виглядає розірваним. Враховуючи географічну широту точки зйомки 50° пн. ш., визначити:

1) напрям (за годинниковою стрілкою чи проти) обертання зір. (1 бал);

2) оцінити загальну експозицію (тривалість зйомки) і кількість кадрів, використаних у фотографії (2 бали);

3) оцінити висоту флюгера і водонапірної вежі, якщо від точки зйомки до основи флюгера 10 м, а до основи вежі – 25 м (3 бали).

Для довідки: sin50°=0,766; cos50°=0,643; tg50°=1,19

Розв'язання

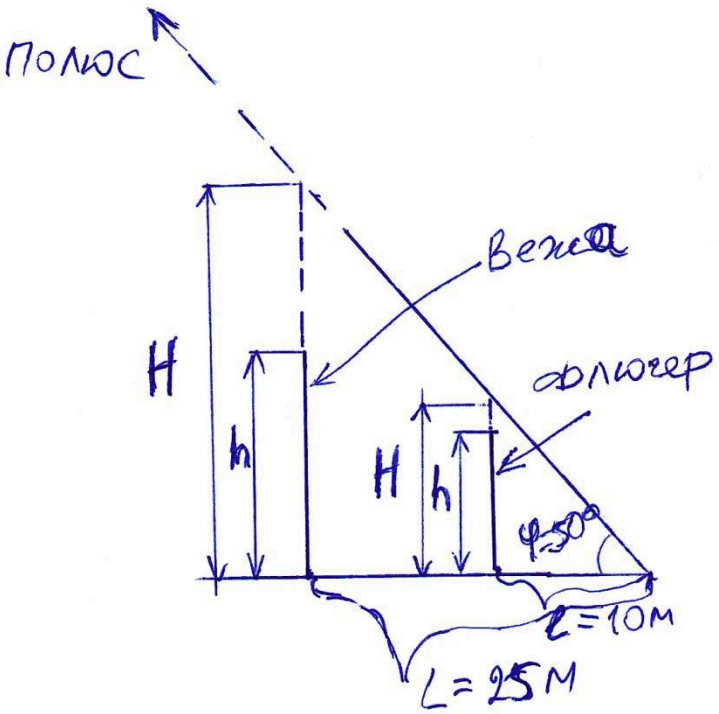
1) У північній півкулі Землі зорі обертаються проти годинникової стрілки відносно центра «зорекруту» (точки полюсу)

2) виберемо довільний чіткий трек зорі, виміряємо лінійкою його довжину l і радіус R кола, дугою якого є трек. Відношення довжини трека (дуги) до довжини відповідного кола (l/2πR) дорівнює відношенню часу експозиції до тривалості доби (24 год)

$\frac{l}{2\pi R} = \frac{t}{24\text{ год}}$. Звідси $t = \frac{l}{2\pi R} \bullet 24\text{год} = \frac{l}{2\pi R} \bullet 24 \bullet 60$ хв.

Наприклад, R=72 мм, l=18 мм. $t = \frac{18\text{ мм}}{2 \bullet 3{,}14 \bullet 72\text{ мм}} \bullet 24 \bullet 60$ хв≈57 хв. Отже, час експозиції становить 57 хв, для цього використано 57хв/30 с = 114 кадрів.

3) Висоту флюгера і вежі можна оцінити із прямокутних трикутників, катетами яких є відстань до них (10 м і 25 м відповідно). Гострий кут цих катетів 50°, оскільки кут напряму на полюс (центр зорекруту) дорівнює географічній широті місцевості. Із трикутників (див. малюнок) визначимо відповідні розміри.



Для флюгера H=l·tg 50° = 10 м · 1,19 = 11,9 м;
для вежі H=l·tg 50° = 25 м · 1,19 = 29,75 м.

По фотографії лінійкою виміряємо відношення h/H: для флюгера – 10 см/10,5 см; для вежі це приблизно 7 см/10,5 см.

Отже, висота флюгера $h = \frac{10}{10.5} \cdot 11,9\text{м} = 11,3\text{м}$,

Висота вежі $h = \frac{7}{10.5} \cdot 29,75\text{м} = 19,7\text{м}$

Завдання ІІІ етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії

Робота з картою зоряного неба (5 балів).

1. Чи можна в Україні 16 січня 2020 року опівночі побачити зорю Альтаїр.

Відповідь. Не можна.

2. Яке сузір'я знаходиться сьогодні в зеніті о 12 год?

3. В якому сузір'ї сьогодні перебуває Сонце та які його координати?

4. У якому місяці Велика Ведмедиця опівночі світить поблизу зеніту?

Відповідь. У березні.

5. У якому сузір'ї знаходиться зоря Спіка, коли вона сьогодні сходить і коли заходить?

Тернопіль 16 січня 2020 року

Завдання ІІІ етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії

11 клас

Тестові завдання

1. Яку структуру має наша Галактика?

А. Еліптичну. ***Б. Спіральну.*** *В. Неправильну. Г. Кулясту. Д. Циліндричну.*

2. Коли настає кульмінація Сонця?

А. о 6 год. Б. о 9 год. ***В. о 12 год.*** *Г. о 20 год. Д. о 24 год.*

3. Як називаються точки перетину небесної сфери з віссю обертання Землі, що продовжена у космос?

А. ТермінаторБ. МеридіанВ. Екватор.Г. Екліптика. ***Д. Полюси світу.***

4. Який кут між площинами екватора та екліптики?

А. 0° **Б. 23,5°** В. 45° Г. 66,5° Д. 90°.

5. У яку пору року орбітальна швидкість Землі найбільша?

А. Зимою *Б. Весною В. Літом Г. Восени Д. Завжди однакова.*

6. Земля знаходиться найближче до Сонця:

А. 22 червня. Б. 3 липня. В. 22 грудня. ***Г. 4 січня.*** *Д. 21 березня.*

7. Які небезпечні для життя промені затримує шар озону в земній атмосфері?

А. Рентгенівські промені. ***Б. Ультрафіолетові промені.***
В. Гамма-промені. Г. Інфрачервоні промені. Д. Радіохвилі.

8. Яка планета земної групи має най густішу атмосферу?

А. Меркурій. ***Б. Венера****.* *В. Земля. Г. Марс.*

9. Яка планета обертається навколо осі у протилежному порівняно з Землею напрямку?

А. Меркурій. ***Б. Венера****.* *В. Земля. Г. Марс.*

10. Найвища гора в Сонячній системі знаходиться:

А. На Меркурії. Б. На Місяці. В. На Землі. ***Г. На Марсі****. Д. На Венері.*

11. Які гази є основним компонентом атмосфери планет гігантів?

А. Кисень і азот. Б. Водень і кисень. В. Азот і водень. Г. Кисень і вуглекислий газ. ***Д. Водень і гелій.***

Відповідь. **Д.**

12. Коли астрономи відкрили Велику Червону Пляму на Юпітері?

А. 300 років тому. *Б. 100 років тому.*
В. 40 років тому (АМС «Піонер»). Г. 30 років тому (АМС «Вояджер-1»).
Д. 2000 року (космічним телескопом «Габбл»).

Тернопіль 16 січня 2020 року

13. Які супутники відкрив Галілей за допомогою першого телескопа?
А. Фобос і Деймос. *Б. Титан, Япет та Енцелад.*
В. Мімас, Янус, Рею й Тефію. *Г. Тритон, Харон, Медузу та Нереїду.*
Д. Іо, Ганімед, Каллісто та Європу.

14. . Що означає межа Роша?
А. Межа, за яку не можуть долетіти сучасні ракети.
Б. Межа на відстані 100 а. о. від Сонця, куди ще не долетіли автоматичні міжпланетні станції.
В. Межа на відстані 2,4 радіуса планети, де не можуть обертатись штучні супутники Землі.
Г. Межа на відстані 2,4 радіуса планети, де не можуть обертатись великі супутники планет.
Д. Чорна діра, куди зникають супутники планет.

15. Хмара Оорта складається:
А. Із пилу. *Б. Із планет.* ***В. Із комет.*** *Г. Із газу.* *Д. Із зір.*

16. Слово «астероїд» означає:
А. Схожий на зорю. *Б. Шматок льоду.* *В. Мала планета.*
Г. Велика планета. *Д. Кам'яна брила.*
Відповідь. А.

17. Магнітна буря—це явище збурення магнІтного поля Землі під дією:
А. Космічних променів із міжгалактичного простору. ***Б. Спалаху на Сонці.***
В. Магнітного поля сонячних плям. *Г. Полярного сяйва.*
Д. Грозових розрядів в атмосфері Землі.

18. Яка зоря є найяскравішою на земному небі?
А. Вега. *Б. Сиріус.* *В. Капелла.* ***Г. Сонце.*** *Д. Альтаїр.*

19. Видима зоряна величина визначає:
А. Розмір зорі. *Б. Радіус зорі.* *В. Яскравість зорі.*
Г. Освітленість, яку створює зоря на Землі. *Д. Температуру зорі.*

20. Що означає в астрономії термін «реліктове випромінювання»?
А. Загадкове випромінювання.
Б. Електромагнітні хвилі, які утворились в еру випромінювання, ще до виникнення зір і галактик.
В. Випромінювання, від якого загинули реліктові тварини.
Г.Випромінювання, від якого загинули реліктові рослини папороті.
Д. Нейтринне випромінювання.

11 клас
Теоретичні завдання (20 балів)

1. В момент кожного протистояння астероїда земний спостерігач вимірює його видиму зоряну величину. Період обертання астероїда дорівнює 3,9 роки. Оцініть ексцентриситет його орбіти, якщо амплітуда зміни видимої зоряної величини складає $2{,}5^m$. Орбіту Землі вважати коловою.

З третього закону Кеплера в застосуванні до Сонячної системі оцінимо велику піввісь орбіти астероїда. Скористаємося системою одиниць вимірювань, в якій будемо виражати відстані в астрономічних одиницях, а час – в роках, тоді

$$T^2 = a^3,\ a = T^{2/3} \approx 2.5 \text{ а.о.}$$

За формулою Погсона оцінимо, у скільки разів змінюється освітленість, яка створює астероїд для спостерігача на Землі:

$$\Delta m = 2.5 \lg \frac{E_{\max}}{E_{\min}} \Rightarrow \frac{E_{\max}}{E_{\min}} = 10.$$

Освітленість в даному випадку залежить не тільки від відстані астероїда від Сонця, а й від відстані між спостерігачем і астероїдом. Нехай e – ексцентриситет орбіти астероїда, R – його радіус. Тоді освітленості, створювані астероїдом в перигелії і афелії орбіти для земного спостерігача:

$$E_\pi = \frac{L_\odot}{4\pi(a\cdot(1-e))^2}\pi R^2 \frac{1}{2\pi\left(a(1-e)-a_\oplus\right)^2}$$

$$E_\alpha = \frac{L_\odot}{4\pi(a\cdot(1+e))^2}\pi R^2 \frac{1}{2\pi\left(a(1+e)-a_\oplus\right)^2}.$$

Відношення освітленостей:

$$\frac{E_\pi}{E_\alpha} = \frac{(a\cdot(1+e))^2}{(a\cdot(1-e))^2}\cdot\frac{\left(a(1+e)-a_\oplus\right)^2}{\left(a(1-e)-a_\oplus\right)^2} = \left(\frac{1+e}{1-e}\cdot\frac{a(1+e)-a_\oplus}{a(1-e)-a_\oplus}\right)^2.$$

При вираженні відстаней в астрономічних одиницях $a_\oplus = 1$, тоді

$$\frac{1+e}{1-e}\cdot\frac{a(1+e)-1}{a(1-e)-1} = \sqrt{10} \Rightarrow \frac{a(1+e)^2-1-e}{a(1-e)^2-1+e} = \sqrt{10}.$$

У підсумку отримуємо квадратне рівняння на ексцентриситет:

$$e^2 a\left(1-\sqrt{10}\right) + e(2a-1)\left(1+\sqrt{10}\right) + (a-1)\left(1-\sqrt{10}\right) = 0.$$

Його чисельне рішення сильно спроститься (і при цьому відповідь мало зміниться), якщо ми врахуємо, що $\sqrt{10} \approx 3$. Тоді, підставляючи числа, отримуємо:

$$5e^2 - 16e + 3 = 0,$$

корені якого $e_1 = 0{,}2$, $e_2 = 3$. Геометрично осмисленим є тільки перший корінь, це і є відповідь. Відзначимо, що рішення без будь-яких заокруглень дасть відповідь 0,20818.

2. Ви висадилися на абсолютно невідому планету, будь-які дані про яку у Вас відсутні. Умови на планеті більш-менш придатні для життя, зокрема, атмосфера прозора в оптичному діапазоні. Рельєф на планеті майже

відсутній, місце висадки знаходиться на великій рівній ділянці. Період обертання планети навколо осі істотно менший періоду її обертання навколо зорі, кут нахилу площини екватора планети до площини її орбіти навколо зорі не перевищує 45°. Вам необхідно оцінити: тривалість місцевих «сонячних» діб; тривалість року; свою широту; радіус планети; масу планети. У вашому розпорядженні є: годинник з секундоміром, лінійка, а також деякий запас невеликих побутових предметів, палиць і мотузків. На вимірювання Ви можете витратити кілька діб.

Завдання ІІІ етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії

Практичне завдання (10 балів)



За допомогою фотознімка полярної зорі (автор: Любомир Тригубишин), оцініть:

1. На якій географічній широті знаходився фотограф?
2. У якому напрямку відбувався добовий рух світил?
3. Який час експозиції фотознімку?

Робота з картою зоряного неба (5 балів).

1. Чи можна в Україні 16 січня 2020 року опівночі побачити зорю Альтаїр.

Відповідь. Не можна.

2. Яке сузір'я знаходиться сьогодні в зеніті о 12 год?
3. В якому сузір'ї сьогодні перебуває Сонце та які його координати?
4. У якому місяці Велика Ведмедиця опівночі світить поблизу зеніту?

Відповідь. У березні.

5. У якому сузір'ї знаходиться зоря Спіка, коли вона сьогодні сходить і коли заходить?

Тернопіль 16 січня 2020 року