

**ЗАВДАННЯ ТА ВІДПОВІДІ II ЕТАПУ
X ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ УЧНІВСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З АСТРОНОМІЇ**

**МОЛОДША ГРУПА
ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ**

1. (1 бал) Яка планета, відкрита в 1846 році за пророцтвами Левер'є і Адамса, підтвердила справедливості закону тяжіння Ньютона?
А. Плутон. Б. Юпітер. В. Уран. Г. Нептун.
 2. (1 бал) Коли схилення Сонця сягає максимального значення?
А. 21 березня (+45°). Б. 22 червня (+23,5°).
В. 23 вересня (+30°). Г. 22 грудня (+60°).
 3. (1 бал) За яким календарем живе Україна?
А. Римським. Б. Юліанським. В. Григоріанським. Г. Християнським.
 4. (1 бал) Чому дорівнює температура в центрі Сонця?
А. 6000 К. Б. 15 000 000 К. В. 10 000 К. Г. 1500 000 К.
 5. (1 бал) Стародавні астрономи принципово відмінність планет від зірок бачили в тому, що планети ...
А. ... яскравіше за зірки. Б. ... більш схожі на Землю.
В. ... «блукують» серед зірок. Г. ... ближче до Землі.
 6. (1 бал) Чому в космічному кораблі космонавти відчувають невагомість?
А. Космонавти не притягуються до Землі. Б. У космосі немає повітря.
В. Тяжіння Землі врівноважується притяганням інших планет.
Г. Коли вимикаються реактивні двигуни, то корпус космічного корабля й космонавт мають однакове прискорення.
 7. (1 бал) У якому сузір'ї знаходиться Сонце під час протистояння Марса 21 березня?
А. Стрілець. Б. Водолій. В. Близнята. Г. Діва.
 8. (1 бал) З поверхні якої планети земної групи ніколи не можна побачити Сонце?
А. З Меркурія. Б. З Венери. В. З Землі. Г. З Марса.
 9. (1 бал) Який із великих супутників рухається навколо планети у зворотному напрямку?
А. Європа. Б. Іо. В. Каллісто. Г. Тритон.
 10. (1 бал) Через яке з цих сузір'їв Сонце не проходить?
А. Рак. Б. Зміносець. В. Овен. Г. Оріон.
- | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Завдання | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Відповіді | Г | Б | В | Б | В | Г | Г | Б | Г | Г |

ТЕОРЕТИЧНИЙ ТУР

11. (5 балів) «Астероїд Апофіс» Зближення астероїда 99942 Апофіс (навколоземний астероїд діаметром близько 300 метрів та масою близько 20 млн т) відбудеться 13 квітня 2029 року. Визначте, в який день тижня це відбудеться.

Розв'язання

День проведення олімпіади – 22 грудня 2019 року. Це неділя.

До 13 квітня 2029 року пройде ще 9 днів грудня, 31 день січня, 29 днів лютого (2020 рік – високосний), 91 день березня і 13 днів квітня.

Від 13.04.20 до 13.04.29 пройде 9 повних років, причому 2 з них (2020 і 2028) – високосні. Таким чином, з дня проведення олімпіади до зближення Землі з астероїдом пройде

$$9 + 31 + 29 + 31 + 13 + 365 \cdot 9 + 2 = 3400 \text{ днів.}$$

$$3400 : 7 = 485 \text{ (остача 5)}$$

Це означає, що зближення Апофіса з Землею відбудеться п'ятьма днями пізніше неділі, тобто в п'ятницю.

Відповідь. П'ятниця.

12. (5 балів) «Астероїд Бенну» Космічний апарат OSIRIS-REx (Origins, Spectral Interpretation, Resource Identification, Security-Regolith Explorer) досліджує навколоземний астероїд Бенну. За час місії OSIRIS-REx встиг накрутити навколо Бенну десятки витків і добути немало нової інформації. Учені змогли оцінити масу астероїда (близько 75 млрд. кг), дізналися, що поверхня його покрита кратерами, що він випускає шлейф часток, які потім обертаються навколо нього подібно до супутників. Також з'ясовано, що астероїд шалено обертається і робить повний оберт навколо своєї осі приблизно за 4 години. Астероїд схожий на згладжений кубик, але для спрощення вважатимемо його форму кульовою. З'ясовано, що радіус Бенну 246 м. Визначте період обертання OSIRIS-REx на середній орбіті висотою 1,3 км та на наднизькій орбіті в 680 м. Гравітаційна стала $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$.

Розв'язання

$$F = m_{КА} a; \quad \frac{Gm_B m_{КА}}{(R+h)^2} = m_{КА} \omega^2 (R+h) = m_{КА} \frac{4\pi^2 (R+h)}{T^2};$$

$$\frac{Gm_B}{(R+h)^2} = \frac{4\pi^2 (R+h)}{T^2}; \quad T = \sqrt{\frac{4\pi^2 (R+h)^3}{Gm_B}} = 2\pi (R+h) \sqrt{\frac{R+h}{Gm_B}}$$

Для середньої орбіти $T = 170680 \text{ с} = 47,4 \text{ год} = 1,975 \text{ доби}$.

Для наднизької орбіти $T = 79120 \text{ с} = 21,98 \text{ год} = 0,916 \text{ доби}$.

Відповідь. 47,4 год = 1,975 доби; 21,98 год = 0,916 доби.

13. (5 балів) «Ultima Thule». Новорічним ранком 01 січня 2019 року космічний апарат New Horizons пролетів поблизу об'єкту поясу Койпера (486958) 2014 MU69 Ultima Thule («на краю Всесвіту») та сфотографував його. Оцініть час, що пройшов між початком відправки фотографії космічним апаратом та початком прийому його даних на Землі, якщо в момент прольоту New Horizons знаходився на відстані 41,7 а.о. від Землі. Швидкість світла $3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$. Перигелійна відстань Ultima Thule становить 42,38 а.о., афелійна – 46,88 а.о. Скільки часу рухався б космічний апарат якби летів з Землі до Ultima Thule гоманівською траєкторією?

Розв'язання

$$\text{Час руху даних } t = \frac{41,7 \cdot 15 \cdot 10^{10}}{3 \cdot 10^8} = 20850 \text{ (с)} \approx 5,79 \text{ (год)}.$$

Велика піввісь гоманівської орбіти становить (в залежності від того, в якій точці траєкторії був Ultima Thule), урахуванням того, що перигелійна відстань гоманівської орбіти – велика піввісь орбіти Землі (1 а.о.), афелійна – пов'язана з відстанню Ultima Thule від Сонця в даний момент:

$$a_{\text{найм}} = \frac{r_p \text{ UT} + a_{\oplus}}{2} = \frac{42,38 + 1}{2} = 21,69 \text{ (a.o.)};$$

$$a_{\text{найб}} = \frac{r_a \text{ UT} + a_{\oplus}}{2} = \frac{46,88 + 1}{2} = 23,94 \text{ (a.o.)};$$

За III законом Кеплера (з урахуванням того, що $T_{\oplus} = 1$ рік, $a_{\oplus} = 1$ а.о.)

$$T = \sqrt{a^3}, \text{ тоді час руху } t = \frac{T}{2}.$$

$$t_{\text{найм}} = \frac{1}{2} \sqrt{a_{\text{найм}}^3} = 50,5 \text{ (років)}. \quad t_{\text{найб}} = \frac{1}{2} \sqrt{a_{\text{найб}}^3} = 58,6 \text{ (років)}.$$

Відповідь. 5,8 год; 50,5 років; 58,6 років.

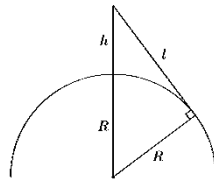
14. (5 балів) «Плутон» Оцініть максимально можливу відстань, на якій об'єкти, що знаходяться на поверхні Плутона, зможе побачити спостерігач, який розташований на найвищій вершині плутоноїда – горі Райт, висота якої 4 км. Радіус Плутона 1188 км.

Розв'язання

$$l = \sqrt{(R+h)^2 - R^2} \approx \sqrt{2Rh}, \text{ оскільки } R \gg h.$$

$$l \approx 97,5 \text{ км} \approx 100 \text{ км}.$$

Відповідь. 100 км.



ПРАКТИЧНИЙ ТУР

21. (14 балів: кожна правила відповідь – 0,5 бала) За допомогою рухомої карти зоряного неба станом на 22 грудня 2019 року для заданих зірок визначте екваторіальні координати, сузір'я, час сходу, час заходу, умови видимості та час їх верхньої кульмінації.

Зоря	Пряме сходж., α	Схил., δ	Сузір'я	Час сходу	Час заходу	Час верх. кульмін.	Умови видимості
Денеб	20 ^h 40 ^m	+45°	Лебідь	–	–	14 ^h 30 ^m	Видно всю ніч, зоря не заходить
Проціон	07 ^h 40 ^m	+05°	Малий Пес	19 ^h 20 ^m	07 ^h 45 ^m	01 ^h 30 ^m	Видно всю ніч
Сиріус	06 ^h 45 ^m	–17°	Великий Пес	20 ^h 25 ^m	04 ^h 55 ^m	00 ^h 40 ^m	Майже всю ніч видно (до 04 ^h 55 ^m)
Спіка	13 ^h 25 ^m	–11°	Діва	02 ^h 20 ^m	12 ^h 05 ^m	07 ^h 15 ^m	В II половині ночі (з 02 ^h 20 ^m)

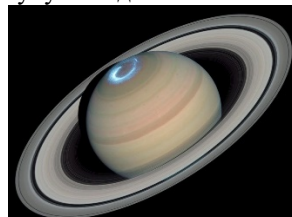
Максимальна сума – 50 балів

ПСЕВДОСПОСТЕРЕЖЕННЯ

15. (1 бал) Назва небесного об'єкта. 16. (1 бал) Найбільший супутник даного об'єкта. 17. (1 бал) Сузір'я.



Галактика Сомбреро



Титан



Цефей

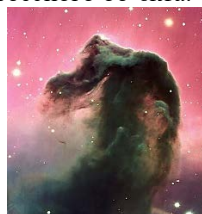
18. (1 бал) Назва об'єкта. 19. (1 бал) Назва астеризму. 20. (1 бал) Назва небесного об'єкта.



Сонячний годинник



Великий Ківш



Туманність Кінська Голова

**ЗАВДАННЯ ТА ВІДПОВІДІ II ЕТАПУ
X ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ УЧНІВСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З АСТРОНОМІЇ**

**СТАРША ГРУПА
ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ**

1. (1 бал) Що у перекладі з латині означає слово «календар»?
A. Боргова книга. Б. Книга днів. В. Записник. Г. Щоденник.
 2. (1 бал) На яку планету людство здійснило м'яку посадку?
A. Марс. Б. Меркурій. В. Сатурн. Г. Юпітер.
 3. (1 бал) На поверхні супутників якої планети може існувати життя?
A. На супутнику Юпітера – Європі. Б. На супутнику Землі – Місяці. В. На супутнику Юпітера – Іо. Г. На супутнику Нептуна – Тритоні.
 4. (1 бал) Всесвітньо відома рентгенівська обсерваторія – це:
A. Кримська. Б. Бюраканська. В. «Чандра». Г. Шемахинська.
 5. (1 бал) Хто запровадив лічбу років «від Різдва Христового»?
A. Аристотель. Б. Діонісій Малій. В. Дж. Бруно. Г. Володимир Великий.
 6. (1 бал) Що визначає закон Габбла?
A. Швидкість руху Сонця. Б. Швидкість обертання галактик. В. Підвищення температури у Всесвіті. Г. Швидкість розлітання галактик.
 7. (1 бал) В якій точці еліптичної орбіти навколо Землі космічний корабель має найбільшу швидкість?
A. Перигей. Б. Апогей. В. Перигелій. Г. Афелій.
 8. (1 бал) Тріумфом астрофізики було відкриття нового елемента. Якого?
A. Натрію. Б. Гелію. В. Водню. Г. Літій.
 9. (1 бал) Скільки зірок п'ятої зоряної величини мають таку саму яскравість, як зоря Вега?
A. 100. Б. 200. В. 50. Г. 1000.
 10. (1 бал) Яке з цих тіл із такою температурою не може існувати у Всесвіті?
A. Зоря з температурою +10 000 °C. Б. Зоря з температурою +10 000 K. В. Планета з температурою -300 K. Г. Планета з температурою 300 K.
- | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Завдання | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Відповіді | A | A | A | B | B | Г | A | B | A | B |

ТЕОРЕТИЧНИЙ ТУР

11. (5 балів) **«Небесний об'єкт»** 22 грудня 2019 року о 01 годині співробітники спеціальної астрофізичної обсерваторії виявили об'єкт, що рухався прямо на Землю. Виміряна у момент відкриття відстань до об'єкта дорівнювала 10 а.о. О 01 год 40 хв об'єкт було виявлено на відстані 5 а.о. від Землі. Визначити, з якою швидкістю об'єкт наближався до Землі.

Розв'язання

Сигнал, прийнятий обсерваторією в момент $t_1 = 01$ год, було пущено об'єктом раніше на $t_{10} = \frac{l_1}{c}$, де l_1 – відстань до об'єкта в момент випускання сигналу, c – швидкість світла. Тоді час випромінювання світла $\tau_1 = t_1 - \frac{l_1}{c}$.

Аналогічно для II сеансу зв'язку: $\tau_2 = t_2 - \frac{l_2}{c}$. Швидкість наближення об'єкта до

$$\text{Землі } v = \frac{l_1 - l_2}{\tau_1 - \tau_2} = \frac{c(l_1 - l_2)}{c(t_1 - t_2) - (l_1 - l_2)} \approx 50337 \text{ км/с.}$$

Відповідь. **50337 км/с.**

12. (5 балів) **«Супутник Марсу»** Штучний супутник сферичної форми рухається по коловій орбіті навколо Марса в площині його екватора в тому ж напрямі, в якому планета обертається навколо своєї осі. Марсіанин, який знаходиться на поверхні планети, виявив, що супутник в зеніті на одну зоряну величину яскравіше, ніж на горизонті. Умови освітленості супутника Сонцем (кут «Сонце-супутник-спостерігач») були при цьому однаковими. Яка висота супутника над поверхнею Марса? Чому дорівнює орбітальний період супутника? Поглинанням світла в атмосфері Марса нехтувати. Радіус Марса 3396 км, його маса $6,39 \cdot 10^{23}$ кг.

Розв'язання

За однакових умов освітлення Сонцем різниця у видимому блиску супутника виникає внаслідок зміни його відстані від спостерігача. Коли апарат знаходиться над горизонтом, він далі, ніж при спостереженні в зеніті. За умови, різниця блиску дорівнює 1^m , і відношення освітленості, що створюються супутником, К:

$$\frac{E_z}{E_h} = \frac{H^2}{h^2} = K = 2,512.$$

h – висота орбіти супутника, H – відстань до супутника, коли він знаходиться на горизонті, r – радіус орбіти супутника, R – радіус Марса.

$$h = r - R; \quad H^2 = r^2 - R^2;$$

$$\frac{(r-R)(r+R)}{(r-R)^2} = \frac{r+R}{r-R} = K. \quad r = R \frac{K+1}{K-1} \approx 7890 \text{ км.}$$

$$h = 7890 - 3396 = 4494 \text{ (км)} \approx 4500 \text{ (км).}$$

$$\text{З III закону Кеплера: } T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{Gm_M}} = 23319c = 5,92 \text{ год} \approx 6 \text{ год.}$$

Відповідь. **4500 км; 6 год.**

13. (5 балів) **«Цікава планета»** Міжзоряна експедиція виявила планету, схожу на Землю, яка має таку ж масу M і радіус R . Виявилось, проте, що половина маси зосереджена в ядрі радіусу $R/2$, центр якого зміщений на $R/6$ відносно центру планети. У яких межах змінюється прискорення сили тяжіння на поверхні планети? Прискорення вільного падіння на Землі прийняти рівним $9,8 \text{ м/с}^2$.

Розв'язання

Визначимо густини ядра планети і самої планети, враховуючи, що об'єм речовини планети дорівнює повному об'єму без об'єму ядра:

$$\rho_1 = \frac{\frac{M}{2}}{\frac{4}{3}\pi R^3 - \frac{4}{3}\pi \frac{R^3}{8}} = \frac{3M}{7\pi R^3}; \quad \rho_2 = \frac{\frac{M}{2}}{\frac{4}{3}\pi \frac{R^3}{8}} = \frac{3M}{\pi R^3}.$$

Очевидно, що максимальне і мінімальне значення прискорення вільного падіння знаходяться в точках планети, розташованих на кінцях діаметру, що проходить через центри планети і ядра. В цьому випадку прискорення вільного падіння рівні

$$g_1 = G \left[\frac{\rho_1 V_1}{R^2} + \frac{(\rho_2 - \rho_1) V_2}{\left(\frac{5}{6}R\right)^2} \right] = G \left[\frac{8\rho_1 V_2}{R^2} + \frac{(\rho_2 - \rho_1) V_2}{\left(\frac{5}{6}R\right)^2} \right] = \frac{208GM}{175R^2} = \frac{208}{175} g_0 \approx 11,6 \text{ м/с}^2;$$

$$g_2 = G \left[\frac{\rho_1 V_1}{R^2} + \frac{(\rho_2 - \rho_1) V_2}{\left(\frac{7}{6}R\right)^2} \right] = G \left[\frac{8\rho_1 V_2}{R^2} + \frac{(\rho_2 - \rho_1) V_2}{\left(\frac{7}{6}R\right)^2} \right] = \frac{304GM}{343R^2} = \frac{304}{343} g_0 \approx 8,7 \text{ м/с}^2;$$

Відповідь. 11,6 м/с²; 8,7 м/с².

14. (5 балів) «Туманність Котяча Лапа» Туманність Котяча Лапа (NGC 6334) була відкрита англійським астрономом Джоном Гершелем 7 липня 1837 року. Вона має видимі кутові розміри 40'×20' та розташована на відстані 1700 пк від Сонця. В який день тижня була відкрита туманність? У скільки разів її лінійні розміри більші лінійних розмірів лапки кішки, якщо вважати їх рівними 3 см?

Розв'язання

За означенням парсека з відстані в 1 пк 1 а.о. видна під кутом 1". Максимальний розмір туманності 40' = 2400", знаходиться вона на відстані 1700 пк. Її лінійні розміри 2400×1700 ≈ 4·10⁶ а.о. = 6·10¹⁷ м. Відношення розмірів 2·10¹⁹.

День проведення олімпіади – 22 грудня 2019 року. Це неділя.

З'ясуємо, яким днем тижня було 22 грудня 1837 року. З того часу пройшло 182 роки. Кожен день тижня, на який припадає певна дата, зміщується на 1 день вперед, якщо лютий, який передував цій даті, був невисокосний, і на 2 дні, якщо високосний. Таким чином, рік, в якому всі дати будуть припадати на такі самі дні тижня, точно буде через 4·7 = 28 років від початкового. Можливо й раніше, але це максимальний період, оскільки 182 – достатньо великий період.

182:28 = 6 (остача 14). Тобто календар повинен був би повторитися 14 років тому, тобто в 2005 році. За 14 років день тижня, який відповідає даті 22 грудня, зміщується на 14 днів, плюс ще 3 високосних (2008, 2012, 2016), тобто на 17 днів.

Але 1900 рік – невисокосний. Тому зміщення днів становить не 17, а 16 днів. Отже, 22 грудня 1837 року – вівторок.

Між 7 липня і 22 грудня: 22 + 30 + 31 + 30 + 31 + 24 = 168 днів. Це 24 тижня Тобто шуканий день – неділя.

Відповідь. 2·10¹⁹; неділя.

ПСЕВДОПОСТЕРЕЖЕННЯ

15. (1 бал) Назва небесного об'єкта.



Галактика Сомбреро

16. (1 бал) Найбільший супутник даного об'єкта.



Титан

17. (1 бал) Сузір'я.



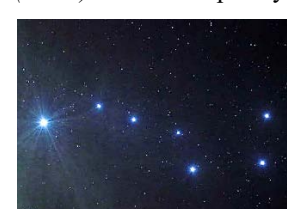
Цефей

18. (1 бал) Назва об'єкта.



Сонячний годинник

19. (1 бал) Назва астеризму.



Великий Ківш

20. (1 бал) Назва небесного об'єкта.



Туманність Кінська Голова

ПРАКТИЧНИЙ ТУР

21. (14 балів: кожна правила відповідь – 0,5 бала) За допомогою рухомої карти зоряного неба станом на 22 грудня 2019 року для заданих зірок визначте екваторіальні координати, сузір'я, час сходу, час заходу, умови видимості та час їх верхньої кульмінації.

Зоря	Пряме сходж., α	Схил., δ	Сузір'я	Час сходу	Час заходу	Час верх. кульмін.	Умови видимості
Денеб	20 ^h 40 ^m	+45°	Лебідь	–	–	14 ^h 30 ^m	Видно всю ніч, зоря не заходить
Проціон	07 ^h 40 ^m	+05°	Малий Пес	19 ^h 20 ^m	07 ^h 45 ^m	01 ^h 30 ^m	Видно всю ніч
Сириус	06 ^h 45 ^m	–17°	Великий Пес	20 ^h 25 ^m	04 ^h 55 ^m	00 ^h 40 ^m	Майже всю ніч видно (до 04 ^h 55 ^m)
Спіка	13 ^h 25 ^m	–11°	Діва	02 ^h 20 ^m	12 ^h 05 ^m	07 ^h 15 ^m	В II половині ночі (з 02 ^h 20 ^m)

Максимальна сума – 50 балів