

ЗАВДАННЯ II ЕТАПУ VII ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ УЧНІВСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З АСТРОНОМІЇ

Молодша група ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

- (1 бал) Чи можна в Аргентині та в Україні одночасно побачити Полярну зорю?
А. Не можна. Б. Можна тільки влітку. В. Можна тільки взимку.
Г. Можна будь-коли. Д. Можна тільки восени.
- (1 бал) Які небезпечні для життя промені затримує шар озону в земній атмосфері?
А. Рентгенівські промені. Б. Ультрафіолетові промені.
В. Гамма-промені. Г. Інфрачервоні промені.
- (1 бал) Температура під хмарами планет-гігантів:
А. Збільшується, бо в надрах цих планет відбуваються термоядерні реакції.
Б. Збільшується, бо в надрах цих планет зростають тиск і густина.
В. Зменшується, бо білі хмари на цих планетах відбивають сонячну енергію.
Г. Зменшується, бо суцільна хмарність не пропускає сонячної енергії і на поверхні цих планет стоїть лютий мороз -200 °С.
Д. Залишається сталою.
- (1 бал) Який із супутників рухається навколо планети у зворотному напрямку?
А. Європа. Б. Іо. В. Каллісто. Г. Ганімед. Д. Тритон.
- (1 бал) Астроbleмами називають:
А. Проблеми, які виникають під час падіння метеоритів на Землю.
Б. Проблеми, що виникають під час зіткнення космічного корабля з метеоритом.
В. Великі зруйновані кратери, що утворилися після падіння метеоритів.
Г. Уламки після зіткнення двох астероїдів. Д. Космічне сміття.
- (1 бал) Речовина на Сонці перебуває в такому стані:
А. Твердому. Б. Газоподібному. В. Рідкому. Г. Плазми.
- (1 бал) Яка величина другої космічної швидкості для Землі?
А. 5 км/с. Б. 7,9 км/с. В. 9,7 км/с. Г. 11,2 км/с.
- (1 бал) Система відліку, пов'язана з Сонцем, запропонована Миколою Коперником, називається:
А. Геоцентрична. Б. Геліоцентрична. В. Центрична. Г. Коперницька.
- (1 бал) Явище, при якому Місяць попадає в тінь Землі, називається:
А. Місячне затемнення. Б. Сонячне затемнення.
В. Приплив. Г. Синодичний місяць.
- (1 бал) Густина якої планети Сонячної системи менше густини води?
А. Меркурія. Б. Сатурна. В. Нептуна. Г. Марса.

ТЕОРЕТИЧНИЙ ТУР

- (5 балів) Космічний корабель наближається до поверхні Венери в непрозорій атмосфері. Пілот з відстані 50 км посилає до поверхні звуковий сигнал. Через який час та на якій відстані від поверхні планети він прийме відбитий сигнал? Швидкість корабля 200 м/с спрямована вертикально, швидкість звуку в нижніх шарах атмосфери Венери 550 м/с. До одержання відбитого сигналу корабель не змінює швидкість. На якій відстані й коли пілот прийме відбитий сигнал, посланий з тієї ж відстані, якщо корабель віддалятиметься від поверхні Венери з такою самою швидкістю?

Розв'язання

Позначимо початкову відстань до поверхні планети через s , шукану відстань h . Тоді час, за який корабель пролетить відстань $s - h$ до точки прийому відбитого

сигналу, сам сигнал повинен пройти відстань s до поверхні планети і h від поверхні до корабля:

$$t = \frac{s-h}{v_k} = \frac{s+h}{v_{зг}}; \quad h = \frac{s(v_{зг} - v_k)}{v_{зг} + v_k} = 23,3 \text{ км}; \quad t = 133,3 \text{ с.}$$

В другому випадку

$$t = \frac{h-s}{v_k} = \frac{s+h}{v_{зг}}; \quad h = \frac{s(v_{зг} + v_k)}{v_{зг} - v_k} = 107 \text{ км}; \quad t = 285 \text{ с.}$$

Відповідь. 23,3 км; 133,3 с; 107 км, 285 с.

- (5 балів) Космічний корабель опустився на 2 години для влаштування радіомаяка на невеликий сферичний астероїд з середньою густиною 2000 кг/м³. Оцініть, за якого радіусу астероїда космонавти зможуть об'їхати його на всюдиході за час стоянки.

Розв'язання

Всудихід повинен рухатися зі швидкістю, не більшою за першу космічну, інакше він відірветься від поверхні астероїда і втратить опору. Знайдемо час обльоту астероїда по низькій орбіті з цією граничною швидкістю – період обертання навколо астероїда.

$$F = \frac{Gm_a m_k}{R^2} = m_k a = m_k \frac{4\pi^2 R}{T^2}; \quad \frac{G\rho \frac{4}{3}\pi R^3}{R^2} = \frac{4\pi^2 R}{T^2};$$

$$T = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}} = 8403 \text{ с} > 7200 \text{ с} = 2 \text{ год.}$$

Відповідь. Ні, не зможуть.

- (5 балів) Ви летите на літаку з обсерваторії на горі Мауна-Кеа (Гавайські острови, +20° пн. ш., 155°28'00" з. д., годинний пояс 13^h) в м. Баско на острів Батан (Філіппінські острови, +20° пн. ш., 121°58'13" сх. д., годинний пояс 8^h) на міжнародну конференцію. Скільки часу (наближено) триватиме переліт? Оцініть, коли за годинником аеропорту прибуття здійснить посадку ваш літак, якщо 25 грудня час відправлення за годинником аеропорту на Гавайських островах становив 12^h20^m, середня швидкість польоту 900 км/год. Вважати, що літак рухається найкоротшою відстанню. Екваторіальний радіус Землі прийняти рівним 6378 км.

Розв'язання

Коротшим буде шлях до острова Батан в західному напрямку (9 часових поясів), а час пункту призначення "менше" від часу пункту вильоту на 5^h.

Широта пунктів відправлення і призначення однакова, тому шлях літака буде вздовж 20-ї паралелі, довжина якої $2\pi R_{\text{екват}} \cos \varphi$.

Літак пролітає близько 82,57°, довжина його шляху

$$\frac{2\pi R_{\text{екват}} \cos \varphi \cdot 82,57^\circ}{360^\circ} = 8632,76 \text{ км. Час його руху}$$

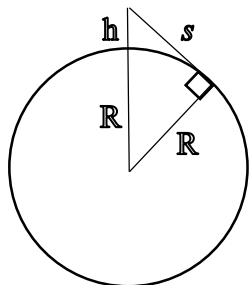
$$t = \frac{8632760}{250} = 34531 \text{ с} \approx 576 \text{ хв} = 9^h 36^m.$$

В момент вильоту годинник аеропорту прильоту показував час 12^h20^m – 5^h = 07^h20^m, але наступної доби (26 грудня).

Прибуття літака $07^h20^m + 09^h36^m = 16^h56^m$ 26 грудня.

Відповідь. 9 год 36 хв; 16 год 56 хв 26 грудня.

14. (5 балів) На знімку ви бачите панораму Марсу, зроблену апаратом Curiosity. Визначте, у скільки разів горизонт на Марсі ближчий, ніж на Землі. Екваторіальний радіус Землі прийняти рівним 6378 км, Марса 3393 км.



Розв'язання

$$s = \sqrt{(R+h)^2 - R^2} \approx \sqrt{2Rh};$$

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{\sqrt{2R_3h}}{\sqrt{2R_Mh}} = \sqrt{\frac{R_3}{R_M}} \approx 1,37.$$

Відповідь. 1,37.

ПСЕВДОСПОСТЕРЕЖЕННЯ

Які космічні об'єкти зображені на фото?

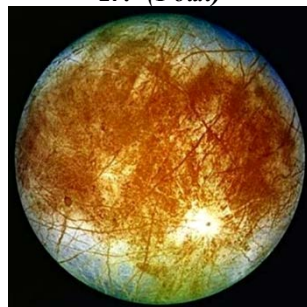
15. (1 бал) Сузір'я



16. (1 бал)



17. (1 бал)



Сузір'я Дракон

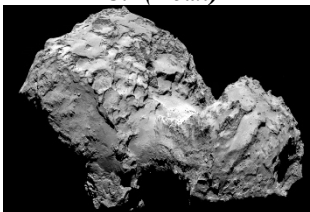
18. (1 бал)



Плутон

Взаємодіючі галактики
Миші

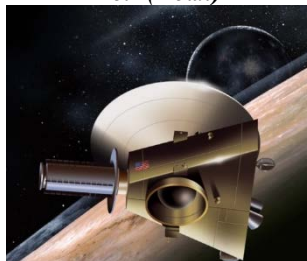
19. (1 бал)



Комета Чурюмова-Герасименко

Європа

20. (1 бал)



Космічний апарат «Нові горизонти» (New Horizons)

ПРАКТИЧНИЙ ТУР

21. (14 балів) За допомогою рухомої карти зоряного неба станом на 30 листопада 2016 року для зірок Альтаір, Капелла, Регул, Спіка визначте екваторіальні координати, сузір'я, час сходу, заходу, умови видимості та момент (час) їх верхньої кульмінації

Рекомендовано за кожну правильну відповідь зараховувати 0,5 балів.

Табл. 1.

Зоря	Пряме сходження, α	Схилення, δ	Сузір'я	Час сходу	Час заходу	Умови видимості	Верхня кульмінація
Альтаір	<u>19^h50^m</u>	<u>+9°</u>	<u>Орел</u>	<u>08^h35^m</u>	<u>21^h50^m</u>	<u>Ввечері, до 21^h50^m</u>	<u>16^h12^m</u>
Капелла	<u>05^h15^m</u>	<u>+46°</u>	<u>Візничий</u>	<u>Немає часу сходу і заходу, оскільки зоря та, що не заходить</u>		<u>Видно всю ніч</u>	<u>00^h40^m</u>
Регул	<u>10^h08^m</u>	<u>+12°</u>	<u>Лев</u>	<u>23^h40^m</u>	<u>12^h10^m</u>	<u>В II половині ночі</u>	<u>07^h30^m</u>
Спіка	<u>13^h25^m</u>	<u>-11°</u>	<u>Діва</u>	<u>03^h50^m</u>	<u>13^h40^m</u>	<u>Вранці</u>	<u>08^h45^m</u>

Старша група ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

- (1 бал) Коли можна побачити зорю Сиріус з Північного полюса Землі?
А. Можна тільки взимку. Б. Можна тільки влітку.
В. Можна тільки восени. Г. Не можна ніколи.
Д. Можна цілий рік.
- (1 бал) Яка з планет може перебувати в верхньому сполученні із Сонцем?
А. Венера. Б. Юпітер. В. Уран. Г. Сатурн. Д. Марс.
- (1 бал) Які з наступних явищ можна пояснити з точки зору геоцентричної теорії?
I. Щоденне сходження Сонця на сході і захід на заході;
II. Обертання зоряного неба навколо полюсу світу; III. Сонячні затемнення.
А. I і II. Б. II і III. В. I і III. Г. I, II і III.
- (1 бал) До якого спектрального класу відноситься Сонце?
А. А. Б. F. В. K. Г. G. Д. M.
- (1 бал) Нова зоря за дві доби збільшує свій блиск від 10^m до 5^m . У скільки разів вона в середньому стає яскравішою за добу?
А. 2,512 разів. Б. 5 разів. В. 10 разів. Г. 100 разів
- (1 бал) Пояс Койпера знаходиться:
А. Між Сонцем і Меркурієм. Б. Між Землею та Марсом.
В. Між Марсом і Юпітером. Г. Між Юпітером і Сатурном.
Д. За Нептуном.
- (1 бал) Із чого складаються кільця навколо планет-гігантів?
А. Із загубленого вантажу космічних пасажирів.
Б. Із водяних хмар. В. Із діамантів.
Г. Зі шматків заліза. Д. Із брил льоду та каменю.
- (1 бал) На якій планеті Сонячної системи в хмарах найнижча температура опускається до -215°C ?
А. На Землі. Б. На Марсі. В. На Юпітері.
Г. На Сатурні. Д. На Урані.
- (1 бал) Вага космонавтів на поверхні Місяця:
А. У 4 рази більша, ніж на Землі. Б. У 4 рази менша, ніж на Землі.
В. У 6 разів більша, ніж на Землі. Г. У 6 разів менша, ніж на Землі.
Д. Така ж, як на Землі.

10. (1 бал) Які з названих зір мають найнижчу температуру поверхні?

- А. Білі зорі. Б. Жовті зорі. В. Червоні зорі.
Г. Блакитні зорі. Д. Оранжеві зорі.

ТЕОРЕТИЧНИЙ ТУР

11. (5 балів) Найближча до Землі карликова планета Церера проходить перигелій своєї орбіти кожні 4,6 роки, наближаючись до Сонця на відстань 2,547 а.о. Як далеко може віддалятися від Сонця Церера? Який ексцентриситет її орбіти? Визначити синодичний період обертання цієї карликової планети, її середню швидкість орбітального руху та відношення швидкостей в перигелії і афелії орбіти.

Розв'язання

$$\frac{T^2}{T_{\oplus}^2} = \frac{a^3}{a_{\oplus}^3}; \quad a = \sqrt[3]{T^2 \frac{T_{\oplus}^2}{T_{\oplus}^2}} = 2,766 \text{ а.о.}; \quad \frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T}; \quad S = \frac{T_{\oplus} T}{T - T_{\oplus}} = 1,28 \text{ роки};$$

$$r_a = 2a - r_p \approx 2,985 \text{ а.о.}; \quad r_p = a(1 - e); \quad e = 1 - \frac{r_p}{a} = 0,079;$$

$$v_c = \frac{2\pi a}{T} \approx 17,95 \text{ км/с.}; \quad \frac{v_p}{v_a} = \frac{r_a}{r_p} = 1,17.$$

Відповідь. 2,985 а.о., 0,079, 1,28 р., 17,95 км/с, 1,17.

12. (5 балів) Ви летите на літаку з обсерваторії на горі Мауна-Кеа (Гавайські острови, +20° пн. ш., 155°28'00" з. д., годинний пояс 13^h) в м. Баско на острів Батан (Філіппінські острови, +20° пн. ш., 121°58'13" сх. д., годинний пояс 8^h) на міжнародну конференцію. Скільки часу (наближено) триватиме переліт? Оцініть, коли за годинником аеропорту прибуття здійснить посадку ваш літак, якщо 25 грудня час відправлення за годинником аеропорту на Гавайських островах становив 12^h20^m, середня швидкість польоту 900 км/год. Вважати, що літак рухається по найкоротшій відстані. Екваторіальний радіус Землі прийняти рівним 6378 км.

Див задачу молодшої групи

13. (5 балів) Визначте, у скільки разів зміниться вага космічного апарату на екваторі Венери в порівнянні з його вагою на екваторі Землі. Космічний апарат має форму кулі радіусом 0,5 м і масою 100 кг. Період обертання Венери навколо власної вісі становить 243,023 доби. Радіус Венери 6052 км, її маса становить 0,815 маси Землі. Температуру атмосфери Венери прийняти рівною 750 К, тиск вважати рівним 9,2·10⁶ Па. Для Землі ці дані вважати рівними 0°С та 10⁵ Па. Прискорення вільного падіння на поверхні Землі прийняти рівним 9,8 м/с², радіус Землі 6378 км. Молярна маса земного повітря 0,029 кг/моль. В якості величини молярної маси для атмосфери Венери взяти молярну масу вуглекислого газу (0,044 кг/моль).

Розв'язання

Вага – це сила, з якою тіло тисне на горизонтальну опору або розтягує вертикальний підвіс. На будь-яке тіло, що знаходиться на поверхні планети, діє сила тяжіння, спрямована до центру цієї планети. Якщо планета обертається, то тіло рухатиметься разом з поверхнею планети з доцентровим прискоренням. Ефект буде аналогічний дії відцентрової сили, спрямованої від осі обертання планети (на екваторі – від центру планети). Нарешті, якщо у планети є атмосфера (Венера і Земля її

мають), на тіло діятиме архімедова сила, також спрямована проти сили тяжіння, яка намагається тіло вгору.

На екваторі усі ці сили будуть спрямовані уздовж лінії «центр планети – тіло», але напрям їх розрізнятиметься: архімедова і відцентрова сили діятимуть протилежно силі гравітації.

$$F_{\text{гравіт}} = \frac{GMM_k}{r^2} = mg; \quad F_{\text{відц}} = m\omega^2 r = \frac{4\pi^2 mr}{T^2}; \quad F_A = \rho g V.$$

Густина атмосфери може бути обчислена з рівняння Менделєєва-Клапейрона

$$p = \frac{\rho RT}{\mu}; \quad F_A = \frac{\rho \mu g V}{RT}.$$

$$\text{Вага тіла на поверхні планети} \quad P = F_{\text{гравіт}} - F_A - F_{\text{відц}}.$$

$$F_{\text{гравіт на Землі}} = 980 \text{ Н}; \quad F_{\text{гравіт на Венері}} = 880 \text{ Н};$$

$$F_{A \text{ на Землі}} = 6,1 \text{ Н}; \quad F_{A \text{ на Венері}} = 310 \text{ Н};$$

$$F_{\text{відц на Землі}} = 3,4 \text{ Н}; \quad F_{\text{відц на Венері}} = 5,4 \cdot 10^{-5} \text{ Н};$$

$$P_{\text{на Землі}} = 970 \text{ Н}; \quad P_{\text{на Венері}} = 570 \text{ Н};$$

$$\frac{P_{\text{на Землі}}}{P_{\text{на Венері}}} = 1,7.$$

На Землі вага цього космічного апарату визначається гравітаційною силою. На Венері з її щільною атмосферою вага істотно ослаблена архімедовою силою. Відцентрова сила на цих планетах мала і не позначається на вазі.

Відповідь. 1,7.

14. (5 балів) Чи можна в Дніпрі, широта якого 48°27'58" пн. ш., одночасно спостерігати Капеллу та Антарес? А Сиріус і Вега? Схилення Капелли, Антареса, Сиріуса та Веги відповідно рівні +46°, -26°, -17°, +39°.

Розв'язання

Визначимо верхню й нижню кульмінації зірок.

$$\text{Капелла:} \quad h_{\text{В Капелли}} = 90^\circ - 48^\circ 27' 58'' + 46^\circ = 87^\circ 32' 02'' > 0;$$

$$h_{\text{Н Капелли}} = 48^\circ 27' 58'' + 46^\circ - 90^\circ = 04^\circ 27' 58'' > 0;$$

отже, Капелла – не заходить в Дніпрі (на небі знаходиться протягом всієї ночі).

$$\text{Антарес:} \quad h_{\text{В Антареса}} = 90^\circ - 48^\circ 27' 58'' - 26^\circ = 15^\circ 32' 02'' > 0;$$

– зоря сходить,

$$h_{\text{Н Антареса}} = 48^\circ 27' 58'' - 26^\circ - 90^\circ = -67^\circ 32' 02'' < 0;$$

– зоря заходить.

Отже, Капеллу й Антарес одночасно бачити на небі можна.

$$\text{Сиріус:} \quad h_{\text{В Сиріуса}} = 90^\circ - 48^\circ 27' 58'' - 17^\circ = 24^\circ 32' 02'' > 0;$$

– зоря сходить,

$$h_{\text{Н Сиріуса}} = 48^\circ 27' 58'' - 17^\circ - 90^\circ = -58^\circ 32' 02'' < 0;$$

– зоря заходить.

Веза: $h_{B \text{ Вези}} = 90^\circ - 48^\circ 27' 58'' + 39^\circ = 80^\circ 32' 02'' > 0;$ – зоря сходить,
 $h_{H \text{ Вези}} = 48^\circ 27' 58'' + 39^\circ - 90^\circ = -02^\circ 32' 02'' < 0;$ – зоря заходить.

Відповідь. Так, ні.

ПСЕВДОПОСТЕРЕЖЕННЯ

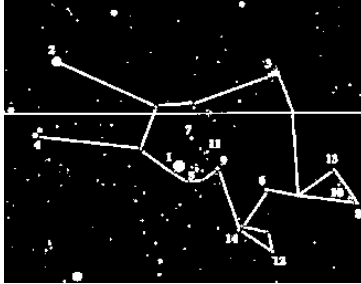
Які космічні об'єкти зображені на фото?

15. (1 бал) Вчений



Едвін Хаббл

16. (1 бал) Сузір'я



Сузір'я Тілець

17. (1 бал)



Планета Плутон

18. (1 бал)



Планетарна туманність
Пісочний Годинник

19. (1 бал)



Галактика Сомбреро

20. (1 бал)



Космічний апарат
Юнона (Juno, Jupiter
Polar Orbiter)

ПРАКТИЧНИЙ ТУР

Див. завдання молодшої групи