

ЗАВДАННЯ
II етапу Всеукраїнської олімпіади з астрономії
2017-2018 навчального року

10 клас

1. У якому сузір'ї можна побачити Марс під час протистояння, яке відбудеться 28 серпня? (2б)

Розв'язок. Згідно конфігурації протистояння небесні тіла розташовані наступним чином (Сонце–Земля–Марс). І оскільки кут нахилу орбіти Марса $\approx 2^\circ$, то знаходимо шукане сузір'я як протилежне до того в якому знаходиться Сонце. Це сузір'я Водоля.

2. Літак компанії Japan Airlines відправляється у Токіо із міжнародного аеропорту Сан-Франциско (16 часовий пояс) о 20 годині 05 хвилин за поясним часом 28 лютого 2012 р. Час перельоту у Токіо (9 часовий пояс) складає 11 годин 22 хвилини. Визначте дату і поясний час посадки літака в аеропорту Ханеда. (5б)

Розв'язок. Прийемо до уваги, що 2012 рік – високосний рік, лінія зміни дат розміщена на 180 меридіані – середині 12 часового поясу. Часові пояси ведуть відлік від 0 до 23. Літак прибуде у Токіо о 20 годині 05 хвилин + 11 годин 22 хвилини = 31 година 27 хвилин = 7 годин 27 хвилин 29 лютого за сан-франциским часом. Оскільки токійський час випереджає час у Сан-Франциско на 17 годин, в аеропорту Ханеда годинник покаже 0 годин 27 хвилин 1 березня 2012 р.

3. До «великих земель» відносять екзопланети з діаметрами менше двох діаметрів Землі. А які у цьому разі максимальні маси таких екзопланет?

$$(\rho_{\oplus} = 5500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad R_{\oplus} = 6400 \text{ км}) \quad (4\text{б})$$

Розв'язок. Взявши цю густину за характерну для екзопланет, що вважаються «землями», маса таких планет при 2-х радіусах Землі буде складати:

$$M = \rho_{\oplus} V = \rho_{\oplus} \frac{4}{3} \pi (2R_{\oplus})^3 = 8 \frac{4}{3} \pi \rho_{\oplus} R_{\oplus}^3 = 8M_{\oplus} = 48 \cdot 10^{24} \text{ кг} .$$

4. Наступний 2018 рік за східним календарем – рік Собаки. Скільки сузір'їв на небі, в яких згадується собаки? (2б)

Розв'язок. Три сузір'я: Великий Пес, Малий Пес та Гончі Пси.

5. Астроном-аматор, спостерігаючи за повним сонячним затемненням, відмітив, що воно відбулось, коли Сонце було практично в zenіті (відомо, що відстань до Сонця від Землі становила 152,1 млн. км (1,017 а.о.)). Вкажіть орієнтовно широту місця розташування астронома та час, коли відбулось затемнення? (3б)

Розв'язок. Оскільки Сонце в зеніті, то значить місце розташування спостерігача поблизу екватора (більш точно між південним та північним тропіками планети). З умови видно, що відстань до Сонця близька до максимальної (Земля в афелії), це трапляється на початку липня. На початку липня Сонце має схилення близьке до максимального, значить спостерігач не дуже далеко від північного тропіка (ближче до екватору) в місцевості з широтою близько 23° п.ш. Оскільки затемнення відбулось, коли Сонце було поблизу зеніту, значить проходило верхню кульмінацію, то місцевий сонячний час – близько полудня. Отже затемнення спостерігалось поблизу північного тропіка, влітку в полудень.

6. Космічний корабель опустився на астероїд діаметром 1 км і середньою густиною $2500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Космонавти вирішили об'їхати астероїд на всюдиході за 2 години. Чи зможуть вони це зробити? (4б)

Розв'язок. Космонавти планують об'їхати астероїд зі швидкістю $v = \frac{2\pi R}{T} = \frac{\pi d}{T} \approx 1,57 \frac{\text{км}}{\text{год}}$.

Максимальна швидкість всюдихода на астероїді не повинна перевищувати першої космічної

швидкості $v = \sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{\frac{G\rho \frac{4}{3}\pi R^3}{R}} = \sqrt{\frac{G\rho \pi d^2}{3}} \approx 1,5 \frac{\text{км}}{\text{год}}$. Оскільки планована швидкість перевищує першу космічну швидкість астероїда об'їхати астероїд за 2 години не можливо.

7. Поясніть, чому Титан – супутник Сатурна, зміг зберегти свою атмосферу, а Меркурій – ні? (2б)

Розв'язок. Титан та Меркурій мають схожу масу та розміри, але Меркурій знаходиться значно ближче до Сонця і отримує від нього набагато більше тепла. В розігрітій атмосфері частинки мають більші швидкості і легше покидають планету. Тому Меркурій не утримав атмосферу. Холодна атмосфера Титана значно більш стійка.

8. Під час покриття зорі Місяцем зоря була покрита протягом 20 хвилин. Чи проходить при цьому зоря через центр Місяця? Кутовий розмір Місяця прийняти $0,5^\circ$. (4б)

Розв'язок. Видимий діаметр Місяця складає $\frac{1}{720}$ повного кутового переміщення за період (27,3 доби). Таким чином, у випадку якщо зоря проходить через центр диска, то її не видно протягом

$$\Delta t = \frac{27,3 \cdot 24 \cdot 60}{720} = 54,6^m.$$

Оскільки зоря покривається лише $20''$, то вона проходить далеко від центра диска Місяця.

9. У яких місяцях року Ведмідь (на північному полюсі) та Пінгвін (на південному) одночасно можуть спостерігати сонячне затемнення (будь-яке сонячне затемнення). (Враховуючи що максимальна протяжність тіні Місяця 7000км) (2б)

Розв'язок. У жодні місяці. Це неможливо навіть для часткового затемнення. У цьому випадку максимальна відстань між точками спостереження не може перевищувати діаметр конусу місячної півтіні. На поверхні Землі, який складає приблизно два діаметри Місяця (7000 км, це можна також порахувати з геометричних міркувань). Відстань між полюсами Землі становить 12742 км.

10. Чому повні сонячні затемнення цікаві для любителів спостерігати комети? (2б)

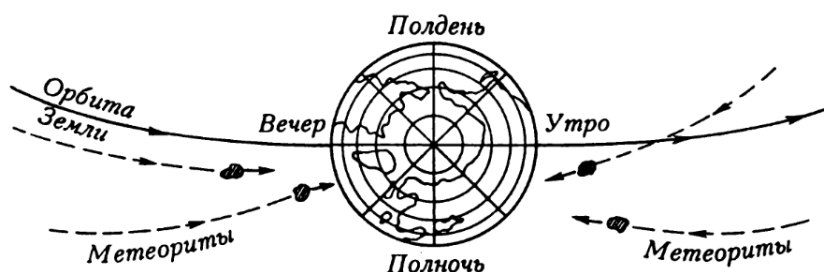
Розв'язок. Існує цілий клас комет, який має малу перигелійну відстань. Далеко від Сонця вони можуть бути дуже слабкими, проте поблизу перигелія їх блиск сильно збільшується досягаючи від'ємних зоряних величин. В той же час вони знаходяться поблизу Сонця і під час повного сонячного затемнення з'являється єдина можливість знайти ці комети з допомогою звичайної оптики.

ЗАВДАННЯ
II етапу Всеукраїнської олімпіади з астрономії
2017-2018 навчального року

11 клас

1. Поясніть, чому с півночі до ранку спостерігається більше метеорів, чим з вечора до півночі? (2б)

Розв'язок. В “ранкову” півкулю Землі потрапляють метеорити, які летять в більшості назустріч Землі, а в “вечірню” – метеорити, які наздоганяють Землю (Мал). Тому метеорити після півночі влітають в атмосферу з великою швидкістю і, згораючи, спалахують яскравіше, чим метеорити, які влітають до півночі. Ось чому після півночі наше око помічає метеори від таких космічних пилинок, які до півночі згорають слабо й непомітно.



2. За радіуси чорних дір приймають так званий гравітаційний радіус. Його значення співпадає з радіусом тіла для якого друга космічна швидкість дорівнює швидкості світла. Наймасивніша з чорних дір відкрита в центрі галактики NGC 4889 (сузір'я Волосся Вероніки) – $2,1 \cdot 10^{10} M_c$ (мас Сонця). Визначте середню густину чорної діри. (4б)

Розв'язок.

Друга космічна швидкість для космічного тіла з масою M і радіусом R визначається формулою $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$. Прирівнявши це значення до швидкості світла c визначимо значення гравітаційного радіуса чорної діри $R = \frac{2GM}{c^2} \approx 6,22 \cdot 10^{13} \text{ м}$. Враховуючи, що чорна діра має форму кулі визначимо

$$\text{густину } \rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} \approx 0,042 \text{ кг/м}^3.$$

3. Сумарний блиск подвійної зорі складає 5^m , а блиск однієї із її компонент дорівнює 6^m . В скільки разів друга компонента яскравіше чи слабше першої? (5б)

Розв'язок. Енергія яка надходить від подвійної зорі буде $E = E_1 + E_2$, де E_1 – енергія, що надходить від першого компонента, E_2 – енергія, що надходить від другого компонента. Нехай перший компонент має зоряну величину $m_1 = 6^m$, тоді вся зоря $m = 5^m$. За формулою Погсона $\frac{E}{E_1} = 2,512^{m_1 - m} = 2,512 \Rightarrow E = 2,512E_1$. Тоді враховуючи, що $E = E_1 + E_2 \Rightarrow E_2 = 1,512E_1$. Звідси друга зоря сильніша від першої в 1,512 рази

4. Астроном-аматор, спостерігаючи за повним сонячним затемненням, відмітив, що воно відбулось, коли Сонце було практично в zenіті (відомо, що відстань до Сонця від Землі становила 152,1 млн. км (1,017 а.о.)). Вкажіть орієнтовно широту місця розташування астронома та час, коли відбулось затемнення? (4б)

Розв'язок. Оскільки Сонце в zenіті, то значить місце розташування спостерігача поблизу екватора (більш точно між південним та північним тропіками планети). З умови видно, що відстань до Сонця близька до максимальної (Земля в афелії), це трапляється на початку липня. На початку липня Сонце має схилення близьке до максимального, значить спостерігач не дуже далеко від північного тропіка (ближче до екватору) в місцевості з широтою близько 23° п.ш. Оскільки затемнення відбулось, коли Сонце було поблизу zenіту, значить проходило верхню кульмінацію, то місцевий сонячний час – близько полудня. Отже затемнення спостерігалось поблизу північного тропіка, влітку в полудень.

5. Кутовий діаметр Сонця видимий з Землі становить $\approx 32'$. Чому дорівнюватиме цей діаметр при спостереженні з Марса? (2б)

Розв'язок. Кутовий діаметр небесного тіла при значних відстанях до об'єкту можна обчислити за формулою $\rho = \frac{d}{\Delta} 206265''$ (d – лінійний діаметр об'єкту, Δ

– відстань до об'єкту). Тоді $\frac{\rho_{\text{ю}}}{\rho_{\oplus}} = \frac{\Delta_{\oplus}}{\Delta_{\text{ю}}} \Rightarrow \rho_{\text{ю}} = \frac{\Delta_{\oplus}}{\Delta_{\text{ю}}} \rho_{\oplus} = \frac{1 \text{ а.о.}}{1,52 \text{ а.о.}} 32' \approx 21'$

6. Планета обертається навколо Сонця по коловій орбіті в площині екліптики. Її синодичний період дорівнює $1p$. Знайти радіус орбіти планети. (4б)

Розв'язок. Синодичний період можна знайти за формулою $\frac{1}{S} = \pm \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\oplus}} \right)$,

$T_{\oplus} = 1p$. Знак «-» відповідає зовнішнім планетам, «+» – внутрішнім. Планета не може бути зовнішньою, тому що в цьому випадку $T \rightarrow \infty$. Оскільки

планета внутрішня $\frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\oplus}} \Rightarrow T = \frac{ST_{\oplus}}{S+T_{\oplus}} = 0,5p$. Застосовуючи третій закон

Кеплера $T^2 = a^3 \Rightarrow a = \sqrt[3]{T^2} \approx 0,63a.o.$

7. Поясніть, чому Титан – супутник Сатурна, зміг зберегти свою атмосферу, а Меркурій – ні? (2б)

Розв'язок. Титан та Меркурій мають схожу масу та розміри, але Меркурій знаходиться значно ближче до Сонця і отримує від нього набагато більше тепла. В розігрітій атмосфері частинки мають більші швидкості і легше покидають планету. Тому Меркурій не утримав атмосферу. Холодна атмосфера Титана значно більш стійка.

8. Чи зможе спостерігач побачити без допомоги оптичних приладів наднову зорю ($M = 21$ m) в туманності Андромеди? (Відстань до туманності Андромеди 2,52 млн. св.р.). (3б)

Розв'язок. Використаємо формулу, яка зв'язує видиму та абсолютну зоряні величини в залежності від відстані (в парсеках)

$$m = M - 5 + 5 \lg r = -21 - 5 + 5 \lg \left(\frac{2520000}{3,26} \right) \approx 3,45^m$$

Отримана зоряна величина доступна для спостереження неозброєним оком.

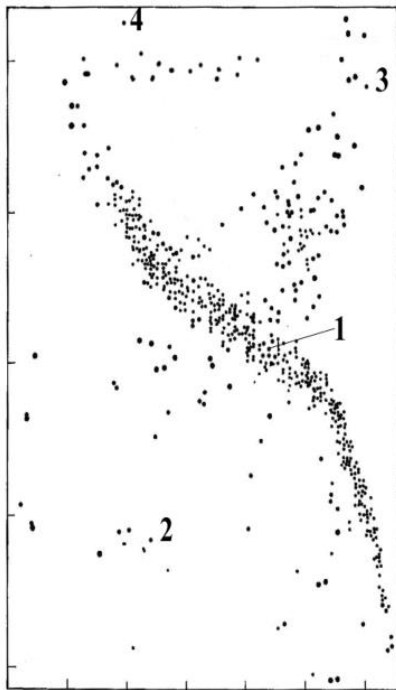
9. Штучний супутник Землі обертається навколо планети по еліптичній орбіті. В точці перигея його швидкість дорівнює другій космічній швидкості для точки апогея. Знайти ексцентриситет орбіти супутника. (5б)

Розв'язок. Згідно другого закону Кеплера відношення швидкостей в перигеї і в апогеї обернено пропорційно відстаням і враховуючи, що перигейна і апогейна відстані виражаються через ексцентриситет орбіти e і велику

піввісь орбіти $r_A = a(1+e)$, $r_a = a(1-e) \Rightarrow \frac{v_p}{v_A} = \frac{a(1+e)}{a(1-e)} = \frac{1+e}{1-e}$. З іншого боку

$$\text{відношення } \frac{v_p}{v_A} = \sqrt{2} \Rightarrow \frac{1+e}{1-e} = \sqrt{2} \Rightarrow e = \frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}+1} = (\sqrt{2}-1)^2 \approx 0,172.$$

10. Що зображено на цьому малюнку? Які величини відкладені по осям абсцис і ординат? Які послідовності зір до яких належать об'єкти позначені номерами 1–4? (4б)



Розв'язок. На малюнку зображено діаграму Герцшпрунга–Рассела або діаграму спектр–світність. По вертикальній осі відкладають абсолютну зоряну величину, по горизонтальній спектральний клас. Відповідно 1 – головна послідовність, 2 – білі карлики, 3 – червоні гіганти, 4 – надгіганти.

