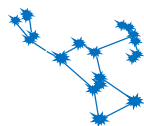




**ЗАВДАННЯ ТА ВІДПОВІДІ II ЕТАПУ  
IX ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ УЧНІВСЬКОЇ  
ОЛІМПІАДИ З АСТРОНОМІЇ**



**МОЛОДША ГРУПА  
ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ**

- (1 бал) Сузір'я Великої Ведмедиці здійснює один оберт навколо Північного полюсу світу за час, рівний ...  
А. одній ночі. **Б. одній добі.** В. одному року. Г. одному століттю.
- (1 бал) Що знаходиться у центрі геліоцентричної системи світу?  
А. Гелій. **Б. Земля.** **В. Сонце.** Г. Галактика.
- (1 бал) Велику Червону Пляму утворює:  
А. Велетенський вулкан на поверхні Юпітера.  
**Б. Велетенський вулкан на поверхні Сатурна.**  
**В. Вихор в атмосфері Юпітера.** Г. Вихор в атмосфері Нептуна.
- (1 бал) У Марса два супутники – Фобос і Деймос. Як перекладаються їх назви?  
А. Туман і мряка. **Б. Страх і жах.** В. Війна і голод. Д. Життя та смерть.
- (1 бал) Слово «астероїд» означає:  
**А. Схожий на зорю.** **Б. Шматок льоду.**  
В. Мала планета. Г. Кам'яна брила.
- (1 бал) Сонячний вітер відхиляє хвост комет у напрямку:  
**А. Протилежному напрямкові на Сонце.**  
Б. Протилежному вектору швидкості комети.  
В. Паралельно векторові швидкості комети.  
Г. Протилежному напрямку на Землю.
- (1 бал) Речовина на Сонці перебуває в такому стані:  
А. Твердому. **Б. Газоподібному.** В. Рідкому. **Г. Плазми.**
- (1 бал) Космічний корабель обертається навколо Землі по еліптичній орбіті. Як називається точка орбіти, де космонавти знаходяться найближче до Землі?  
**А. Перигей.** Б. Перигелій. В. Апогей. Г. Афелій.
- (1 бал) Як називаються незвичайні зірки радіусом близько 10 км, густина яких фантастична й дорівнює  $2 \cdot 10^{14}$  кг/м<sup>3</sup>?  
А. Електронні. Б. Протонні. **В. Нейтронні.** Г. Бетонні.
- (1 бал) У якому варіанті правильно зазначені три типи галактик?  
А. Еліптичні, паралельні, неправильні. **Б. Еліптичні, спіральні, неправильні.**  
В. Неправильні, пересічені, радіогалактичні. Г. Еліптичні, червоні, зоряні.

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Відповіді</b>	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>В</b>	<b>Б</b>	<b>А</b>	<b>А</b>	<b>Г</b>	<b>А</b>	<b>В</b>	<b>Б</b>

**ТЕОРЕТИЧНИЙ ТУР**

- (5 балів) **«Челябінський метеорит»** 15 лютого 2013 року над Челябінськом вибухнуло метеорне тіло. О 9 годині 20 хвилин зафіксовано яскравий спалах, а о 9 годині 22,5 хвилини роздався потужний вибух. На якій відстані від Челябінська відбувся вибух? Швидкість звуку в повітрі прийняти рівним 330 м/с.

*Розв'язання*

Різниця між моментом спалаху і моментом приходу звукової вибухової хвилі  $t \approx 2,5$  хвилини = 150 с.  $c \gg v_{зв}$ , тоді  $s = v_{зв}t$ ;  $s = 49,5$  км  $\approx$  **50 км.**

*Відповідь.* **50 км.**

- (5 балів) **«Фінал Cassini»** 15 вересня 2017 року в атмосфері Сатурна згоріла АМС «Cassini». В якості одного з варіантів закінчення місії Кассіні-Гюйгенс розглядався варіант падіння АМС на Меркурій. Оцініть, коли б могло б відбутися таке зіткнення, якщо траєкторія польоту була б найбільш енергетично вигіднішою – гоманівською. За момент відльоту від Сатурна прийняти вищевказану дату. Велика піввісь орбіти Сатурна 9,54 а.о., Меркурія – 0,39 а.о. Оцініть, з якою швидкістю «Cassini» вдарився б об поверхню Меркурію.

*Розв'язання*

$$r_p = a_{\text{Меркурія}} = 0,39 \text{ а.о.}, r_a = a_{\text{Сатурна}} = 9,54 \text{ а.о.}, a = \frac{r_p + r_a}{2} = 4,965 \text{ (а.о.)}.$$

$$\text{За III законом Кеплера } \frac{T^2}{T_3^2} = \frac{a^3}{a_3^3}; T = \sqrt{\frac{T_3^2 a^3}{a_3^3}} = \sqrt{4,965^3} = 11,06 \text{ (р.)};$$

$$t = \frac{T}{2} = 5,53 \text{ р.} \approx 5 \text{ років } 193 \text{ доби.}$$

Подія за умови старту 15 вересня 2017 року відбулася б орієнтовно у березні 2023 року.

$$v_c = \sqrt{GM_{\oplus} \left( \frac{2}{a_{\text{Мерк}}} - \frac{1}{a} \right)} \approx \sqrt{5} v_{\oplus}; \quad v_{\oplus} - \text{орбітальна швидкість Землі.}$$

Орбітальна швидкість Меркурія  $v_{\text{Мерк}} \approx \sqrt{2,5} v_{\oplus}$ .

АМС буде наздоганяти Меркурій. Відносна швидкість зіткнення

$$\Delta v \approx (\sqrt{5} - \sqrt{2,5}) v_{\oplus} \approx 20 \text{ км/с.}$$

*Відповідь.* **Березень 2023 року; 20 км/с.**

- (5 балів) **«Нейтронна зоря»** Супутник нейтронної зорі має масу 100 кг і рухається по коловій орбіті, висота якої 1 км. Нейтронна зоря має масу Сонця і радіус 10 км. Визначити орбітальний період  $T$  та орбітальну швидкість  $v$  супутника і його силу притягання  $F$  до нейтронної зорі. Маса Сонця прийняти рівною  $2 \cdot 10^{30}$  кг.

*Розв'язання*

$$v = \sqrt{\frac{GM_{\text{зорі}}}{R+h}} \approx 1,1 \cdot 10^8 \text{ м/с}; \quad T = \frac{2\pi(R+h)}{v} \approx 6,3 \cdot 10^{-4} \text{ с};$$

$$F = \frac{Gm_{\text{зорі}}m_{\text{супн}}}{(R+h)^2} \approx 1,3 \cdot 10^{14} \text{ Н.}$$

*Відповідь.*  **$1,1 \cdot 10^8$  м/с;  $6,3 \cdot 10^{-4}$  с;  $1,3 \cdot 10^{14}$  Н.**

- (5 балів) **«Міжконтинентальний переліт»** Літак летить з міста Хіло (Гавайські острови, +20° пн.ш., 155°05'26" з.д., годинний пояс 15<sup>h</sup>) в м. Баско на острів Батан (Філіппінські острови, +20° пн.ш., 121°58'12" сх.д., годинний пояс 8<sup>h</sup>). Скільки часу (наближено) триватиме переліт? Оцініть, коли за годинником аеропорту прибуття здійснить посадку літак, якщо 23 грудня 2018 року час відправлення за годинником аеропорту на Гавайських островах становив 10<sup>h</sup>25<sup>m</sup>, середня

швидкість польоту 900 км/год. Вважати, що літак рухається найкоротшою відстанню. Екваторіальний радіус Землі прийняти рівним 6378 км.

*Розв'язання*

Різниця в годинних поясах складає  $15^h - 8^h = 7^h$ .

$10^h 25^m$  23 грудня (час вильоту) за гавайським часом буде  $03^h 25^m$  24 грудня (оскільки літак перетинає лінію зміни дат з заходу на схід) в м. Баско.

Кутова відстань між заданими точками відносно центру Землі становить

$$\gamma = 360^\circ - \lambda_2 - \lambda_1 = 82^\circ 56' 22'' \approx 82,94^\circ.$$

Вважатимемо, що рух відбуватиметься по дузі кола на широті  $\varphi = 20^\circ$ , отримуємо відстань

$$s = \frac{2\pi R_3 \cos \varphi \cdot 82,94^\circ}{360^\circ} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6378 \text{ км} \cdot 82,94^\circ \cos 20^\circ}{360^\circ} \approx 8671 \text{ км}.$$

$$\text{Час польоту } t = \frac{s}{v} = \frac{8671}{900} = 9,63 \text{ год} \approx 9 \text{ год } 38 \text{ хв}.$$

Час прильоту за годинником Баско  $03^h 25^m + 09^h 38^m = 13^h 03^m$  24 грудня.

*Відповідь.*  $09^h 38^m$ ;  $13^h 03^m$  25 грудня.

### ПСЕВДОПОСТЕРЕЖЕННЯ

15. (1 бал) Назва небесного об'єкта.



18. (1 бал) Тип телескопу.



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



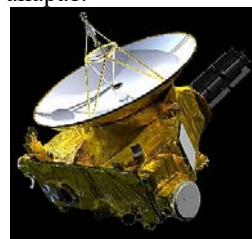
19. (1 бал) Небесний об'єкт.



17. (1 бал) Сузір'я.



20. (1 бал) Космічний апарат.



### ПСЕВДОПОСТЕРЕЖЕННЯ

15. Туманність Голова Відьми (IC 2118) – відбивна туманність у сузір'ї Еридан.

16. Харон – найбільший супутник Плутона

17. Сузір'я Кассіопея

18. Рефлектор

19. Зоряне скупчення Плеяди (M45)

20. КА «Нові горизонти» (New Horizons)

### ПРАКТИЧНИЙ ТУР

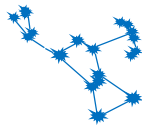
21. (14 балів) За допомогою рухомої карти зоряного неба станом на 23 грудня 2018 року для заданих зірок визначте екваторіальні координати, сузір'я, час сходу, час заходу, умови видимості та момент (час) їх верхньої кульмінації.

Зоря	Пряме сходж., $\alpha$	Схил., $\delta$	Сузір'я	Час сходу	Час заходу	Час верхн. кульм.	Умови видимості
Альтаір	$19^h 51^m$	$+9^\circ$	Орел	$07^h 00^m$	$20^h 15^m$	$13^h 35^m$	Ввечері до $20^h$
Вега	$18^h 37^m$	$+39^\circ$	Ліра	$01^h 55^m$	$22^h 50^m$	$12^h 20^m$	Всю ніч, за винятком часу від $22^h 50^m$ до $01^h 55^m$
Рігель	$05^h 14^m$	$-8^\circ$	Оріон	$17^h 55^m$	$04^h 10^m$	$23^h 00^m$	До 4ої ранку
Альдебаран	$4^h 35^m$	$+17^\circ$	Тілець	$16^h 10^m$	$05^h 35^m$	$22^h 25^m$	До 5.30 ранку

Максимальна сума – 50 балів



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



**СТАРША ГРУПА  
ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ**

- (1 бал) За який час сузір'я Кассіопеї здійснює один оберт навколо Північного полюсу світу?  
А. Одна ніч. **Б. Одна доба.** В. Один рік. Г. Одне століття.
- (1 бал) День літнього сонцестояння в Південній півкулі настає ...  
А. 21 березня. **Б. 22 червня.** В. 23 вересня. **Г. 22 грудня.**
- (1 бал) Велику Чорну Пляму утворює:  
А. Велетенський вулкан на поверхні Юпітера.  
**Б. Велетенський вулкан на поверхні Сатурна.**  
В. Вихор в атмосфері Юпітера. **Г. Вихор в атмосфері Нептуна.**
- (1 бал) У якому сузір'ї знаходиться Сонце під час протистояння Марса 21 березня?  
А. Стрілець. **Б. Водолій.** В. Близнята. **Г. Діва.**
- (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) У який з цих телескопів можна побачити найбільше зір?  
**А. У рефлектор з діаметром об'єктива 5 м.** Б. У радіотелескоп з діаметром 20 м.  
В. У рефрактор з діаметром об'єктива 1 м.  
Г. У телескоп зі збільшенням 1000 і з діаметром об'єктива 3 м.
- (1 бал) Температура кипіння води на поверхні Марса:  
А. +40°C. **Б. +77°C.** В. +100°C. **Г. +3°C.**
- (1 бал) Космічний корабель обертається навколо Землі по еліптичній орбіті. Як називається точка орбіти, де космонавти найвіддаленіші від Землі?  
А. Перигей. **Б. Перигелій.** **В. Апогей.** Г. Афелій.
- (1 бал) З чого в основному складається Хмара Оорта?  
А. Із пилу. **Б. Із планет.** **В. Із комет.** Г. Із газу.
- (1 бал) На законі кого заснований метод оцінки температури зірки?  
А. Ньютона. **Б. Стефана-Больцмана.**  
В. Фарадея. Г. Немає такого закону.

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Відповіді</b>	<b>Б</b>	<b>Г</b>	<b>Г</b>	<b>Г</b>	<b>Б</b>	<b>А</b>	<b>Г</b>	<b>В</b>	<b>В</b>	<b>Б</b>

**ТЕОРЕТИЧНИЙ ТУР**

- (5 балів) **«Різдвяна комета»** 16 грудня 2018 року комета 46 / P Wirtanen, яку називають «Різдвяна комета», пролетіла на рекордно мінімальній відстані від Землі з дня відкриття цієї комети 17 січня 1948 року Карлом Віртаненом – 0,07 а.о. (10,5 млн. км). Афелій орбіти комети наближений до орбіти Юпітер (5,1 а.о.). В результаті декількох зближень з Юпітером з моменту відкриття комети її перигелій зменшився з 1,61 до 1,05 а.о. Як і на скільки при цьому змінився період обертання комети та ексцентриситет її орбіти? Для останніх спостережень визначте велику піввісь орбіти, її ексцентриситет, зоряний та синодичний період, середню швидкість руху по орбіті, швидкість комети в перигелії та афелії.

Розв'язання

$$a = \frac{r_p + r_a}{2}; \quad a_1 = \frac{1,61 + 5,1}{2} = 3,355(a.o.); \quad a_2 = \frac{1,05 + 5,1}{2} = 3,075(a.o.);$$

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{a^3}{a_1^3}; \quad T_1 = \sqrt{\frac{T_3^2 a_1^3}{a_3^3}} = 6,15(p.); \quad T_2 = \sqrt{\frac{T_3^2 a_2^3}{a_3^3}} = 5,39(p.);$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = -0,76(p.)$$

Період комети зменшився на 0,76 року.

$$e = 1 - \frac{r_p}{a} = 1 + \frac{r_a}{a}; \quad e_1 = 0,52; \quad e_2 = 0,66.$$

Ексцентриситет орбіти збільшився на 0,14.

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_2}; \quad S = \frac{T_2 T_3}{T_2 - T_3} = 1,23 p.$$

$$v_c = \frac{2\pi a}{T}; \quad v_c = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3,075 \cdot 15 \cdot 10^{10}}{5,39 \cdot 365,25 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} \approx 17 \text{ км/с.}$$

$$v_p = v_c \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \approx 37,6 \text{ км/с}; \quad v_a = v_c \sqrt{\frac{1-e}{1+e}} \approx 7,7 \text{ км/с.}$$

**Відповідь. Період зменшився на 0,76 р. Ексцентриситет збільшився на 0,14; 3,075 а.о.; 0,66; 5,39 р.; 1,23 р.; 17 км/с; 37,6 км/с; 7,7 км/с.**

- (5 балів) **«Квадратури»** При спостереженні з Землі Марс виявився в східній квадратурі, а комета – в західній квадратурі. При спостереженнях з Землі комета має видиму зоряну величину 7<sup>m</sup>, а з Марса – 8<sup>m</sup>. Які відстані від Сонця і Землі до комети, якщо відомо, що її видно з обох планет поблизу лінії екліптики? Орбіти Землі і Марса вважати коловими і такими, що лежать в одній площині. Поглинанням світла в атмосферах планет нехтувати. Велика піввісь орбіти Марса 1,52 а.о., Землі – 1 а.о.

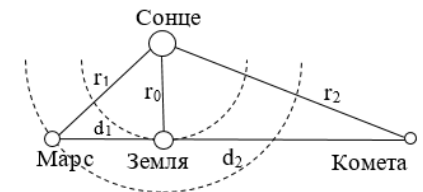
Розв'язання

$$d_1 = \sqrt{r_1^2 - r_0^2} = 1,15 a.o.$$

$r_0$  і  $r_1$  – радіуси орбіт Землі і Марса. З Землі (відстань  $d_2$ ) комета виглядає на 1<sup>m</sup> яскравіше, ніж з Марса (відстань  $d_1 + d_2$ ). Співвідношення яскравості  $K$  дорівнює 2,512, і для відстаней:

$$\frac{d_1 + d_2}{d_2} = \sqrt{K}; \quad d_2 = \frac{d_1}{\sqrt{K} - 1} \approx 2,0 a.o.; \quad r_2 = \sqrt{r_0^2 + d_2^2} \approx 2,2 a.o.$$

**Відповідь. 2,2 а.о.; 2 а.о.**



- (5 балів) **«Кульмінації зорі»** При спостереженнях в деякій місцевості висота зорі над горизонтом змінюється в межах від 32° до 64°. Визначте схилення зорі та широту місця спостереження.

Розв'язання

$$\text{Кульмінація на південь від zenіту: } \begin{cases} h_B = 90^\circ - \varphi + \delta, \\ h_H = -90^\circ + \varphi + \delta; \end{cases} \begin{cases} \delta = +48^\circ; \\ \varphi = 74^\circ \text{ пн.ш.} \end{cases}$$

$$\text{Кульмінація на північ від zenіту: } \begin{cases} h_B = 90^\circ + \varphi - \delta, \\ h_H = -90^\circ + \varphi + \delta; \end{cases} \begin{cases} \delta = +74^\circ; \\ \varphi = 48^\circ \text{ пн.ш.} \end{cases}$$

$$\text{Для південної півкулі: } \begin{cases} \delta = -48^\circ; \\ \varphi = 74^\circ \text{ пд.ш.} \end{cases}; \begin{cases} \delta = -74^\circ; \\ \varphi = 48^\circ \text{ пд.ш.} \end{cases}$$

Відповідь. +48° на 74° пн. ш.; +74° на 48° пн. ш.; -48° на 74° пд. ш.; -74° на 48° пд. ш.

14. (5 балів) «Міжконтинентальний переліт» Літак летить з міста Хіло (Гавайські острови, +20° пн. ш., 155°05'26" з.д., годинний пояс 15<sup>h</sup>) в м. Баско на острів Батан (Філіппінські острови, +20° пн.ш., 121°58'12" сх.д., годинний пояс 8<sup>h</sup>). Скільки часу (наближено) триватиме переліт? Оцініть, коли за годинником аеропорту прибуття здійснить посадку літак, якщо 23 грудня 2018 року час відправлення за годинником аеропорту на Гавайських островах становив 10<sup>h</sup>25<sup>m</sup>, середня швидкість польоту 900 км/год. Вважати, що літак рухається найкоротшою відстанню. Екваторіальний радіус Землі прийняти рівним 6378 км.

*Розв'язання*

Різниця в годинних поясах складає 15<sup>h</sup> – 8<sup>h</sup> = 7<sup>h</sup>.

10<sup>h</sup>25<sup>m</sup> 23 грудня (час вильоту) за гавайським часом буде 03<sup>h</sup>25<sup>m</sup> 24 грудня (оскільки літак перетинає лінію зміни дат з заходу на схід) в м. Баско.

Кутова відстань між заданими точками відносно центру Землі становить

$$\gamma = 360^\circ - \lambda_2 - \lambda_1 = 83^\circ 56' 22'' \approx 83,94^\circ.$$

Вважатимемо, що рух відбуватиметься по дузі кола на широті  $\varphi = 20^\circ$ , отримуємо відстань

$$s = \frac{2\pi R_3 \cos \varphi \cdot 83,94^\circ}{360^\circ} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 6378 \text{ км} \cdot 83,94^\circ \cos 20^\circ}{360^\circ} \approx 8776 \text{ км}.$$

$$\text{Час польоту } t = \frac{s}{v} = \frac{8776}{900} = 9,75 \text{ год} \approx 9 \text{ год } 45 \text{ хв}.$$

Час прильоту за годинником Баско 03<sup>h</sup>25<sup>m</sup> + 09<sup>h</sup>45<sup>m</sup> = 13<sup>h</sup>10<sup>m</sup> 24 грудня.

Відповідь. 09<sup>h</sup>45<sup>m</sup>; 13<sup>h</sup>10<sup>m</sup> 25 грудня.

### ПСЕВДОСПОСТЕРЕЖЕННЯ

22. (1 бал) Назва небесного об'єкта.



23. (1 бал) Найбільший супутник даного об'єкта.



24. (1 бал) Сузір'я.



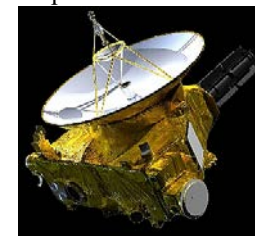
25. (1 бал) Тип телескопу.



26. (1 бал) Небесний об'єкт.



27. (1 бал) Космічний апарат.



### ПСЕВДОСПОСТЕРЕЖЕННЯ

15. Туманність Голова Відьми (IC 2118) – відбивна туманність у сузір'ї Еридану.

16. Харон – найбільший супутник Плутона

17. Сузір'я Кассіопея

18. Рефлектор

19. Зоряне скупчення Плеяди (M45)

20. КА «Нові горизонти» (New Horizons)

### ПРАКТИЧНИЙ ТУР

28. (14 балів) За допомогою рухомої карти зоряного неба станом на 23 грудня 2018 року для заданих зірок визначте екваторіальні координати, сузір'я, час сходу, час заходу, умови видимості та момент (час) їх верхньої кульмінації.

Зоря	Пряме сходж., $\alpha$	Схил., $\delta$	Сузір'я	Час сходу	Час заходу	Час верхн. кульм.	Умови видимості
Альтаір	19 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>	+9°	Орел	07 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	20 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	13 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>	Ввечері до 20 <sup>h</sup>
Вега	18 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup>	+39°	Ліра	01 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>	22 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup>	12 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	Всю ніч, за винятком часу від 22 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> до 01 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>
Рігель	05 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup>	-8°	Оріон	17 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>	04 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	23 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	До 4-ої ранку
Альдебаран	4 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>	+17°	Тілець	16 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	05 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>	22 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup>	До 5-ої ранку

Максимальна сума – 50 балів