

II етап Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії

Київ, 24.11.2017

10 клас

1. Виявилося, що сьогодні в деякій точці земної поверхні Сонце зайшло за горизонт за 2 хвилини. Скільки часу завтра зранку Сонце перетинатиме горизонт в тому самому місці? Скільки часу триває найдовший та найкоротший схід або захід Сонця в цьому місці Землі?

Розв'язок. Найпростіший розв'язок задачі нехтує зміною схилення Сонця під час сходу та заходу, характерний масштаб зміни часу сходу та заходу Сонця, спричинені цим ефектом не перевищує кількох секунд. Саме такий розв'язок ми тут і пропонуємо. В разі, якщо дитина згадає про вказаний ефект або інші причини зміни тривалості заходів та сходів – варто відзначити такого учня 1-2 додатковими балами.

Діаметр Сонця складає 0.5 градуса, небесна сфера повний оберт (360°) робить майже за 24 години. Отже, якщо вважати Сонце нерухомим під час сходу та заходу, то на величину діаметру сонячного диска небесна сфера повертається як раз за 2 хвилини. А це означає, що Сонце має сідати перпендикулярно горизонту (якщо Сонце сідає під кутом до горизонту, то воно проходить більший шлях, а отже і час заходу буде більшим). Перпендикулярно горизонту Сонце заходить і сходить на екваторі.

Якщо не розглядати ефект описаний в першому абзаці та подібні йому, то час заходу та заходу не залежить ні від пори року, ні інших параметрів, окрім широти. А отже в одному і тому самому місці час сходу і заходу завжди буде дорівнювати 2 хвилинам (з точністю до кількох секунд).

2. Шкільний телескоп має поле зору 2.5° . Чи можна у цей телескоп, за умови ясної погоди, на широті м. Києва впродовж всієї ночі 21 грудня спостерігати одну й ту саму зорю, не рухаючи телескоп взагалі! Надайте максимально обґрунтовану відповідь, за потреби наведіть розрахунки та креслення.

Розв'язок. 21 грудня у Києві ніч триває 14–15 годин! Зрозуміло, що більшість зір впродовж ночі втримати в полі зору нерухомого телескопа неможливо. Проте, не варто забувати про те що на київських широтах досить не погано видно ділянку біля північного полюса світу і, зокрема, Полярну зорю, яка знаходиться на відстані порядку $45'$ від полюса, а отже за один оберт описує на небі коло діаметром $1,5^\circ$. Тому, як мінімум, Полярну зорю у вищезазначений телескоп можна спостерігати не то що впродовж найдовшої ночі в Україні, а навіть цілодобово під час полярної ночі. Також в цей телескоп буде видно впродовж тривалого часу зорі, що знаходяться на відстані не більше $1,25^\circ$ від північного полюса світу.

3. Як визначити, в якій півкулі Ви знаходитесь, спостерігаючи тільки за рухом Сонця?

Розв'язок. У північній півкулі Сонце рухається для спостерігача за годинниковою стрілкою, у південній – проти годинникової.

4. Знехтуючи всіма законами природи, уявимо, що наша Галактика – то є однорідний диск з масою $5,8 \cdot 10^{11}$ мас Сонця, в якому знаходяться зорі з середньою масою 2 маси Сонця та середньою відстанню між ними порядку 1 пк. Нехай діаметр диску Галактики складає 25кпк. Знайдіть товщину диску Галактики.

Розв'язок. Спочатку знайдемо загальну кількість зір у Галактиці. Для цього загальну масу Галактики поділимо на масу однієї зорі:

$$\frac{M_G}{M_*} = \frac{5,8 \cdot 10^{11} M_C}{2M_C} = 2,9 \cdot 10^{11} \text{шт.}$$

Для оцінки густини зір можна скористатися двома моделями: кубічною та сферичною. В першій зорю будемо розташовувати в центрі кубу, в другій – у центрі сфери. Для розрахунків використаємо першу модель.

Ребро куба, всередині якого знаходиться зоря дорівнює відстані між зорями, отже 1 зоря приходить на 1 кубічний парсек. Тоді загальний об'єм Галактики має бути $V=2,9 \cdot 10^{11} \text{ пк}^3$.

Площа диску складає:

$$S_{\text{д}} = \pi r_{\text{д}}^2 = 3,14 \cdot (25 \cdot 10^3 \text{ пк})^2 \approx 2 \cdot 10^9 \text{ пк}^2$$

Тепер, поділивши об'єм Галактики на площу диску, отримаємо товщину диску:

$$d = \frac{V}{S_{\text{д}}} = \frac{2,9 \cdot 10^{11} \text{ пк}^3}{2 \cdot 10^9 \text{ пк}^2} \approx 150 \text{ пк}$$

5. Як називаються найяскравіші зорі сузір'їв, зображених на зворотному боці цієї сторінки (відповіді згідно з даними англомовної Вікіпедії)

Див. відповіді до 5 завдання 11 класу.

11 клас

1. Виявилося, що сьогодні в деякій точці земної поверхні Сонце зайшло за горизонт за 2 хвилини. Скільки часу завтра зранку Сонце перетинатиме горизонт в тому самому місці? Скільки часу триває найдовший та найкоротший схід або захід Сонця в цьому місці Землі?

Розв'язок. Найпростіший розв'язок задачі нехтує зміною схилення Сонця під час сходу та заходу, характерний масштаб зміни часу сходу та заходу Сонця, спричинені цим ефектом не перевищує кількох секунд. Саме такий розв'язок ми тут і пропонуємо. В разі, якщо дитина згадає про вказаний ефект або інші причини зміни тривалості заходів та сходів – варто відзначити такого учня 1-2 додатковими балами.

Діаметр Сонця складає 0.5 градуса, небесна сфера повний оберт (360°) робить майже за 24 години. Отже, якщо вважати Сонце нерухомим під час сходу та заходу, то на величину діаметру сонячного диску небесна сфера повертається як раз за 2 хвилини. А це означає, що Сонце має сідати перпендикулярно горизонту (якщо Сонце сідає під кутом до горизонту, то воно проходить більший шлях, а отже і час заходу буде більшим). Перпендикулярно горизонту Сонце заходить і сходить на екваторі.

Якщо не розглядати ефект описаний в першому абзаці та подібні йому, то час заходу та сходу не залежить ні від пори року, ні інших параметрів, окрім широти. А отже в одному і тому самому місці час сходу і заходу завжди буде дорівнювати 2 хвилинам (з точністю до кількох секунд).

2. Шкільний телескоп має поле зору 2.5° . Чи можна у цей телескоп, за умови ясної погоди, на широті м. Києва впродовж всієї ночі 21 грудня спостерігати одну й ту саму зорю, не рухаючи телескоп взагалі! Надайте максимально обґрунтовану відповідь, за потреби наведіть розрахунки та креслення.

Розв'язок. 21 грудня у Києві ніч триває 14-15 годин! Зрозуміло, що більшість зір впродовж ночі втримати в полі зору нерухомого телескопу неможливо. Проте, не варто забувати про те що на київських широтах досить не погано видно ділянку біля північного полюсу світу і, зокрема, Полярну зорю, яка знаходиться на відстані порядку $45'$ від полюсу, а отже за один оберт описує на небі коло діаметром $1,5^\circ$. Тому, як мінімум, Полярну зорю у вищезазначений телескоп можна спостерігати не то що впродовж найдовшої ночі в Україні, а навіть цілодобово під час полярної ночі. Також в цей телескоп буде видно впродовж тривалого часу зорі, що знаходяться на відстані не більше $1,25^\circ$ від північного полюсу світу.

3. Відстань до Туманності Оріона була найбільш точно визначена методом паралаксу на радіоінтерферометрі VLBA у 2007 році. Кутове зміщення зір туманності в діаметрально протилежних точках орбіти Землі складало $\theta = \pm 0,00242$ кутових секунд. Визначте, скільки років йде до нас світло від Туманності Оріона зі швидкістю $c = 300\,000$ км/с, якщо середній радіус орбіти Землі $a_{\oplus} = 150$ млн. км.

Розв'язок. Нехай деяку зорю А в туманності Оріона спостерігають з точок В і С, які лежать на кінцях діаметра орбіти Землі. Цей діаметр перпендикулярний до напрямку між Сонцем та туманністю (в цьому разі кутове відхилення буде максимальним). За умовою задачі напрямки ВА і СА на зорю утворюють кут 2θ . Тоді у рівнобедреному трикутнику АВС з вершиною А основа ВС рівна:

$$BC = 2 AB \sin \theta \approx 2 AB \theta [\text{рад}] = 2 AB \frac{\pi}{180 \cdot 60 \cdot 60} \cdot \theta [\text{кут.сек.}] \quad (1)$$

Також з умови відомо, що $BC = 2a_{\oplus}$ (2). З рівнянь (1) і (2) отримуємо:

$$r = AB = \frac{a_{\oplus}}{\theta [\text{рад}]} = \frac{\left(\frac{648\,000}{\pi}\right) a_{\oplus}}{\theta [\text{кут.сек.}]} = 1,3 \cdot 10^{16} \text{ км.}$$

Час, за який світло долетить до Землі:

$$t = \frac{r}{c} = 1,3 \cdot 10^{16} \frac{\text{км}}{\left(300\,000 \frac{\text{км}}{\text{с}}\right)} = 4,3 \cdot 10^{10} \text{ с} = 1350 \text{ років.}$$

4. В нашій Галактиці знаходиться від 200 до 400 мільярдів зір, її діаметр приблизно 25 кпк, товщина галактичного диску 300-400 парсек, а загальна маса складає $5,8 \cdot 10^{11}$ мас Сонця. Якщо уявити, що Галактика складається виключно із зір, що розподілені рівномірно, та всі вони мають приблизно однакову масу, оцініть: середню масу однієї зорі та середню відстань між двома найближчими зорями.

Розв'язок. Для оцінки середньої маси зорі необхідно загальну масу Галактики поділити на кількість зір у ній.

$$M_z = \frac{M_g}{N} = \begin{cases} 5,8 \cdot 10^{11} M_c / 2 \cdot 10^{11} \\ 5,8 \cdot 10^{11} M_c / 4 \cdot 10^{11} \end{cases} \approx (1,4 \div 2,9) M_c$$

Розрахуємо об'єм галактики:

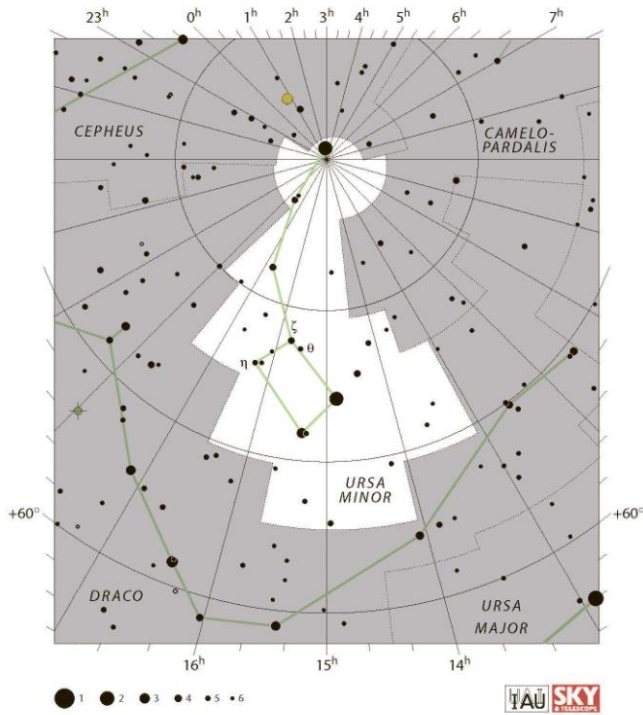
$$V = S_d \cdot d = \pi r_d^2 \cdot d = \begin{cases} 3,14 \cdot (25 \cdot 10^3 \text{ пк})^2 \cdot 300 \text{ пк} \\ 3,14 \cdot (25 \cdot 10^3 \text{ пк})^2 \cdot 400 \text{ пк} \end{cases} \approx (5,9 \div 7,8) \cdot 10^{11} \text{ пк}^3$$

Поділивши отриманий об'єм на кількість зір отримаємо оцінку об'єму, що займає одна зоря. Добувши кубічний корінь з отриманого об'єму будемо мати середню відстань між зорями (див. пояснення для 10-го класу)

В результаті обчислень отримаємо середню відстань між зорями в межах:

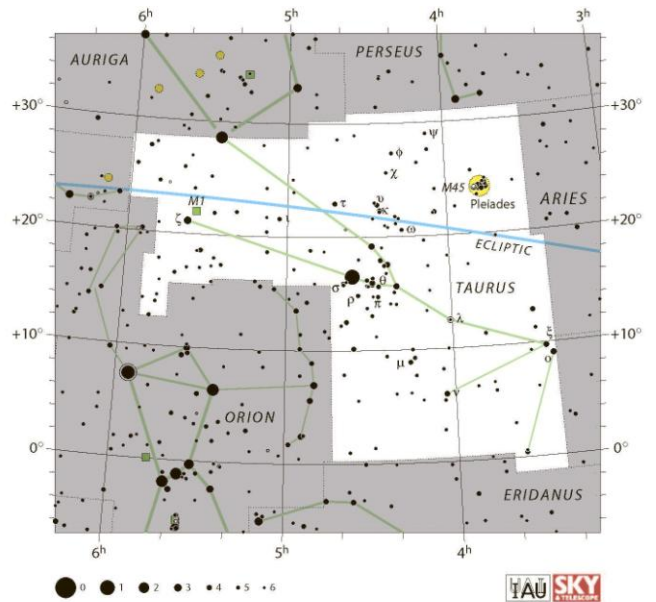
$$r \approx 1.1 \div 1.6 \text{ пк}$$

5. Як називаються найяскравіші зорі сузір'їв, зображених на зворотному боці цієї сторінки (відповіді згідно з даними англомовної Вікіпедії):



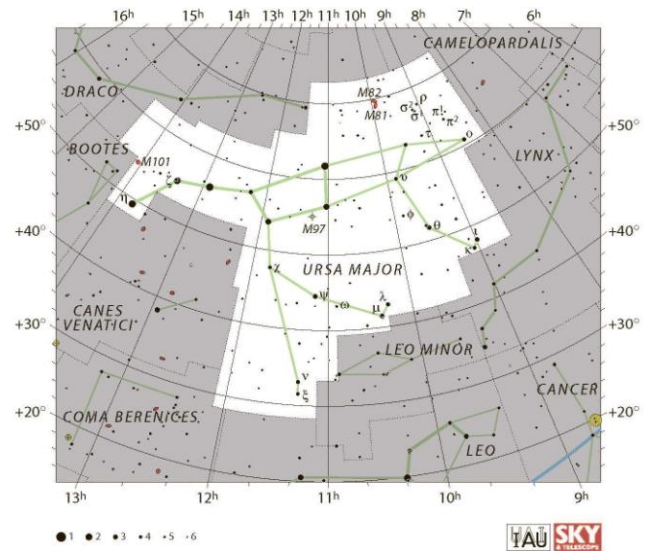
Місце для відповіді

Полярна зоря, Polaris, α UMi



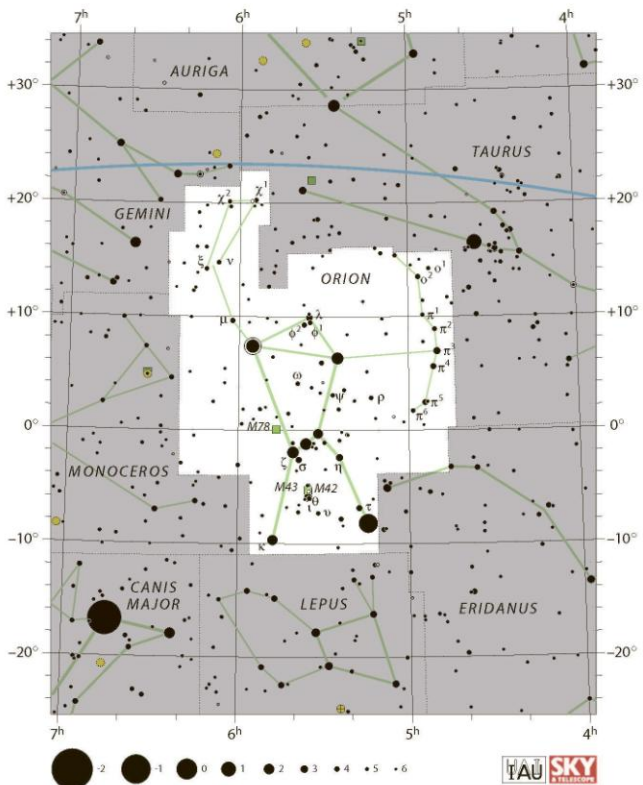
Місце для відповіді

Альдебаран, Aldebaran, α Tau



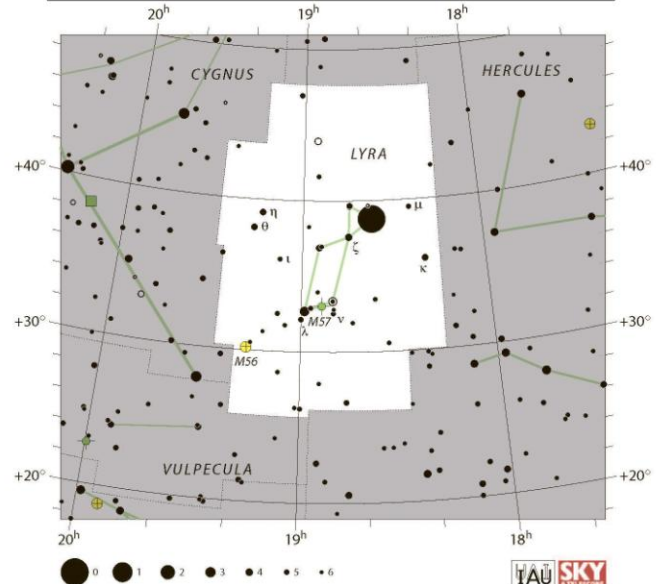
Місце для відповіді

Аліот, Alioth, ϵ UMa



Місце для відповіді

Рігель, Rigel, β Ori



Місце для відповіді

Вега, Vega, α Lyr