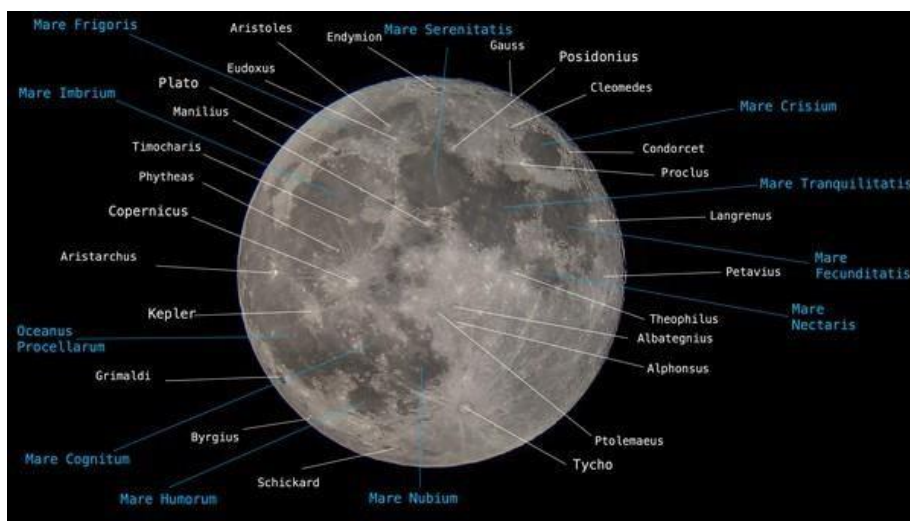


Практичний тур

1) Проводимо термінатор на Місяці. Напрямок на Сонце є перпендикулярним до нього. Визначаємо кут між горизонталлю та напрямком на Сонце (наприклад за тангенсом $9/130$). Отримуємо кут близько 4 градусів.

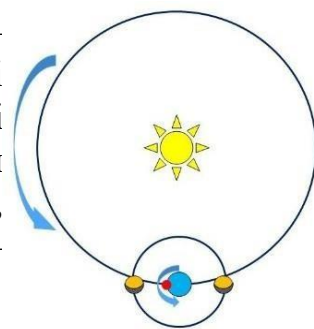
2) Фаза – перша чверть. Місяць росте, тобто молодий.

3) На фото видні моря: море Криз (Crisium), море Достатку (Fecunditatis), море Нектару (Nectaris), море Спокою (Tranquillitatis), море Ясності (Serenitatis).



4) Знаючи, що діаметр Місяця 0,5 градуси, вимірюємо, що центр Місяця є на висоті приблизно 1 градус над верхівкою гори.

5) Виходячи з висоти Сонця, воно може бути на сході або на заході. Але Місяць, що росте, у фазі першої чверті ми бачимо високо саме на заході Сонця (див. малюнок, де червона точка – спостерігач, фази Місяця позначено схематично, всі обертання зображено в одній площині. При розташуванні спостерігача у протилежній точці на поверхні Землі, він побачить над головою Місяць, що старіє, і це буде зранку, згідно обертання Землі). Тому, праворуч – захід, прямо – південь, ліворуч – схід.



6) Молодий Місяць у фазі першої чверті можна побачити високо над горизонтом (а на відміну від Сонця, він високо, аж над горою) ввечері, близько 18 години. Це спричинено різницею екліптичної довготи Місяця та Сонця в цій фазі близько 6 годин (див. малюнок). Сонце при цьому майже сіло (спостерігач – червона крапка на малюнку, напрямок осевого обертання Землі показано синьою стрілкою). А ми знаємо, що Сонце сідає близько 18 години поблизу днів рівнодень. **Отже, це вечір близько весняного або осіннього рівноденья.**

Опис фото говорить, що воно було зроблено на початку жовтня, тобто недалеко від осіннього рівноденья.

Теоретичний тур

1. Зоря, яка зійшла в точці сходу, очевидно, знаходиться на екваторі, схилення у неї відповідно $\delta_1=0$.

Якщо друга зоря у зеніті, то її схилення та широта зв'язані простим співвідношенням (для випадку верхньої кульмінації з висотою 90° або зенітним кутом 0°):

$$h_{B.K.} = 90^\circ - \varphi + \delta_2$$

$$90^\circ = 90^\circ - \varphi + \delta_2$$

$$\varphi = \delta_2 = 50^\circ$$

2. У планети повинно бути дві сусідні планети. Тому Меркурій та Нептун виключаються. Крім того, у сусідніх планет повинні бути супутники. Отже, це не Венера (бо у Меркурія супутників немає) і не Земля (у Венери теж немає супутників).

Для спостереження неозброєним оком супутник повинен бути досить великим. Тому як супутники-претенденти розглядаємо Місяць, Галілеєві супутники Юпітера, супутник Сатурна Титан і Нептуна Тритон. Супутники Марса з Юпітера побачити не можна (оскільки їх не видно з Землі, яка ближче до Марса), в Урана досить великих супутників немає. Тому Юпітер (сусідні Марс і Сатурн) та Сатурн (сусідні планети Юпітер та Уран) також виключаються.

Залишається дві планети: Марс і Уран.

Чим ближче планета до Сонця, тим яскравіші її супутники. Радіуси орбіт планет із збільшенням порядкового номера планети дуже швидко ростуть, тому й мінімальні відстані між сусідніми планетами теж збільшуються з віддаленням від Сонця. Крім того, Тритон – найменший серед великих супутників, і побачити його з Урана було б складно. Отже, шуканою планетою є Марс, з якого неозброєним оком видно Місяць біля Землі та Галілеєві супутники Юпітера.

3. Це задача оціночна, тому тут потрібно пам'ятати про характерні розміри та масу нейтронних зір. Характерний радіус нейтронної зорі складає близько $R=10$ км, маса близько 1-2 мас Сонця.

Варіант 1

Якщо взяти для оцінки масу нейтронної зорі близькою до сонячної то можна скористатися третім законом Кеплера у спрощеній формі:

$$T = \sqrt{a^3}$$

$a = R$ – велика піввісь орбіти КА в а.о., у нашому випадку це фактично радіус нейтронної зорі, переведений із км в а.о. (згідно умови задачі). Тоді:

$$T \approx 1.7 \cdot 10^{-11} \text{ року} \approx 5 \cdot 10^{-4} \text{ с}$$

$$\text{Швидкість } v = \frac{2\pi R}{T} \approx 10^8 \text{ м/с}$$

Варіант 2

Перша космічна швидкість:

$$v_I = \sqrt{\frac{GM}{R}} \approx 10^8 \text{ м/с}$$

Формулу для першої космічної можна вивести з рівності доцентрової та гравітаційної сил при русі по колу:

$$\frac{mv^2}{R} = \frac{GMm}{R^2}$$

Якщо взяти масу нейтронної зорі 2 маси Сонця, то швидкість виходить $1.6 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

4. За річним паралаксом знаходимо відстань до зірки:

$$r = \frac{1}{\pi} = \frac{1}{0,05''} = 20 \text{ пк} = 20 \cdot 206265 \text{ а. о. .}$$

Знаючи відстань та кутовий розмір великої півосі, знаходимо її лінійний розмір:

$$a = r \cdot \alpha = 20 \cdot 206265 \text{ а. о.} \cdot \frac{2''}{206265''} = 40 \text{ а. о.}$$

Для знаходження суми мас зірок використовуємо узагальнений третій закон Кеплера, порівнюючи рух зірок навколо спільного центру мас з рухом Землі навколо Сонця:

$$\frac{T^2(M_1+M_2)}{a^3} = \frac{T_0^2(M_\odot+M_\oplus)}{a_0^3}.$$

Звідси, нехтуючи масою Землі порівняно з масою Сонця і враховуючи параметри руху Землі ($T_0 = 1$ рік, $a_0 = 1$ а.о.), знаходимо:

$$M_1 + M_2 = \frac{T_0^2 a^3}{T^2 a_0^3} M_\odot = \frac{1^2 \cdot 40^3}{100^2 \cdot 1^3} M_\odot = 6,4 M_\odot.$$

Відношення відстаней зірок від центру мас обернено пропорційне їх масам: $\frac{M_1}{M_2} = \frac{a_2}{a_1} = \frac{1}{4}$

Звідси, $M_2 = 4M_1$;

$$M_1 + M_2 = M_1 + 4M_1 = 5M_1 = 6,4M_\odot;$$

$$M_1 = \frac{6,4}{5} M_\odot = 1,28 M_\odot;$$

$$M_2 = 4M_1 = 4 \cdot 1,28 M_\odot = 5,12 M_\odot.$$

5. Така траєкторія метеорного тіла означає, що для спостерігача тіло пройде через точку зеніту. Крім того, при цьому проєкція траєкторії тіла на небесну сферу буде постійно в одній точці. Спостерігач бачитиме т.з. «стаціонарний метеор».

Звичайні метеорні сліди на небі на початку явища метеора мають невелику ширину та блиск. У процесі розвитку явища метеорний слід стає яскравішим та ширшим. У кінці явища слід знову стає тонким та малопомітним.

Отже, спостерігач спочатку бачитиме в зеніті маленьку, ледь помітну точку, потім ця точка стане яскравішою й ширшою, потім потускніє, зменшиться й зникне.

6. За річним паралаксом знаходимо відстань до Веги:

$$r = \frac{1}{\pi} = \frac{1}{0,12''} \approx 8,3 \text{ пк.}$$

Якщо спостерігач знаходиться на прямій Сонце-Вега на відстані r_1 від Сонця, то відстань від нього до Веги буде дорівнювати $r_2 = r - r_1$. Якщо зорі однаково яскраві, то видимі зоряні величини їх будуть однакові.

Видима зоряна величина Сонця для спостерігача на Землі:

$$m_{\odot} = M_{\odot} - 5 + 5 \lg a_0,$$

де M_{\odot} – абсолютна зоряна величина Сонця, $a_0 = 1 \text{ а. о.} = \frac{1}{206256} \text{ пк}$ – відстань від Землі до Сонця.

Для спостерігача на відстані r_1 від Сонця: $m_{\odot 1} = M_{\odot} - 5 + 5 \lg r_1$.

Віднімаючи попередню рівність, одержимо:

$$m_{\odot 1} - m_{\odot} = M_{\odot} - 5 + 5 \lg r_1 - M_{\odot} + 5 + 5 \lg a_0 = 5(\lg r_1 - \lg a_0),$$

$$m_{\odot 1} = m_{\odot} + 5(\lg r_1 - \lg a_0) = m_{\odot} + 5 \lg \frac{r_1}{a_0}.$$

Аналогічно для Веги під час спостереження:

$$\text{із Землі} - m = M - 5 + 5 \lg r;$$

з точки на відстані r_1 від Сонця –

$$m_1 = M - 5 + 5 \lg r_2 = M - 5 + 5 \lg(r - r_1).$$

$$\text{Звідси } m_1 = m + 5 \lg(r - r_1) - 5 \lg r = m + 5 \lg \frac{r - r_1}{r}.$$

Тоді для розглянутої точки

$$m_{\odot} + 5 \lg \frac{r_1}{a_0} = m + 5 \lg \frac{r - r_1}{r};$$

$$m - m_{\odot} = 5 \lg \frac{r_1}{a_0} - 5 \lg \frac{r-r_1}{r} = 5 (\lg \frac{r_1}{a_0} - \lg \frac{r-r_1}{r}) = 5 \lg \left(\frac{r_1}{a_0} \cdot \frac{r}{r-r_1} \right);$$

$$\lg \left(\frac{r_1}{a_0} \cdot \frac{r}{r-r_1} \right) = \frac{m-m_{\odot}}{5};$$

$$\frac{r_1}{a_0} \cdot \frac{r}{r-r_1} = 10^{\frac{m-m_{\odot}}{5}};$$

$$\frac{r_1}{r-r_1} \cdot \frac{r}{a_0} = 10^{\frac{m-m_{\odot}}{5}};$$

$$\frac{r_1}{8,3-r_1} \cdot \frac{8,3}{206265} = 10^{\frac{0-(-26,8)}{5}};$$

$$\frac{r_1}{8,3-r_1} \cdot 8,3 \cdot 206265 = 10^{5,36};$$

$$\frac{r_1}{8,3-r_1} = \frac{10^{5,36}}{8,3 \cdot 206265} = 0,134;$$

$$r_1 = 1,11 - 0,134r_1;$$

$$1,134r_1 = 1,11;$$

$$r_1 = \frac{1,11}{1,134} \approx 0,98 \text{ пк.}$$

Тип візуальних спостережень

1. Унікальне зображення галактики Андромеда;
2. Сузір'я: Андромеда. Відстань до Землі: 320 мільйонів світлових років.
3. Установлено, що чорна діра, розташована на відстані 230 мільйонів світлових років від Землі, в центрі галактики J0437+2456 і приблизно в три мільйони разів більша за наше Сонце, рухається зі швидкістю 110 тисяч миль на годину.
4. Планетарна туманність «Метелика» у сузір'ї Скорпіона. 4000 світлових років розділяють нашу планету і туманність.
5. Зоряний пил у Молекулярній хмарі Персея.
6. Хмари зоряного пилу. Проходять майже на 2 градуси по молекулярній хмарі Персея на відстані 850 світлових років.
7. Зображення чорної діри.
8. Зображення зіткнення двох галактик, NGC 6872 та IC 4970.
9. Андромеда;
10. Планетарна туманність Медуза HST.