

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады  
 для школьников по астрономии  
 X MAO - Юга 2023-2024 учебный год  
 10 класс.

1) Дано:

$$F = 600 \text{ мм}$$

$$R = 45 \text{ мм}$$

$$p = 32'$$

$d = ?$

$\sigma = ?$

$m = ?$

Решение:

- 1) Определим диаметр линзы объектива телескопа  $D = 2 \cdot R = 2 \cdot 45 \text{ мм} = 90 \text{ мм}$  (1 балл)
- 2) Функциональная пропускная способность выражается формулой  $m = 2,1 + 5 \lg D$ , где  $D$  - диаметр объектива (2 балла)
- 3) Тогда  $m = 2,1 + 5 \lg 90 = 12''$  (1 балл)
- 4) Разрешающая способность по формуле:  $\sigma = \frac{140}{D}$ , где  $\sigma$  - разрешение в секундах. (1 балл)
- 5) Тогда  $\sigma = \frac{140}{90} = 1,6''$  (1 балл)
- 6) Изображение светила в фокальной плоскости телескопа, имеет при малых углах зрения мерную линейную длину  $d = F \frac{p''}{206265''}$  (1 балл)
- 7) Тогда  $d = 600 \cdot \frac{32 \cdot 60}{206265} \approx 5,6 \text{ мм}$  (при условии, что диаметр изображения Луны  $p'$  переводим в секунды  $p'' = 32 \cdot 60 = 1920$ ) (1 балл)

Ответ:  $d = 5,6 \text{ мм}$ ,  $\sigma = 1,6''$ ,  $m = 12''$  (8 баллов)

2) Дано:

$$m_{\min} = 0^m$$

$$m_{\max} = -4^m$$

$$m_{\text{лун}} = -2,5^m$$

$\frac{\Delta_1}{\Delta_2} = ?$

Решение.

- 1) Связь звездной величины и светимостей описывается формулой  $m_1 - m_2 = -2,5 \lg \frac{\Delta_1}{\Delta_2}$  (2 балла)
- 2) Откуда  $\frac{\Delta_1}{\Delta_2} = 10^{-0,4(m_1 - m_2)}$  (2 балла)
- 3) Максимальная звездная величина  $-4^m$ , а Луны  $-2,5^m \Rightarrow \frac{\Delta_1}{\Delta_2} = 10^{-0,4(-4 + 2,5)} = 4$  (3 балла)
- 4) Значит МКС ярче Луны в 4 раза (1 балл)

Ответ:  $\frac{\Delta_1}{\Delta_2} = 4$  (8 баллов)



3) Дано:

$$A = 0,15$$

$$m_2 = 1,46^m$$

$$\frac{L_1}{L_2} = 3,9 \text{ раз}$$

$$R = 3397 \text{ км}$$

$$R_1 = 10 \text{ км}$$

$$R_2 = 6 \text{ км}$$

$$A_1 = 0,06$$

$$A_2 = 0,07$$

Можно ли их увидеть невооруженным глазом?

Решение:

1) Звездная величина Марса находится по формуле  $m_1 = -2,5 \lg \frac{L_1}{L_2} + m_2$  (1 балл)

2) Тогда  $m_1 = -2,5 \lg 3,9 - 1,46 = -2,5^m$  (1 балл)

3) Найдем звездную величину для Педоса  $m_1 - m = 2,5 \lg \left( \frac{A_1}{A} \left( \frac{R}{R_1} \right)^2 \right)$ , где  $A$  - альбедо,  $R$  - радиус Марса,  $A_1$  - альбедо и  $R_1$  - радиус Педоса. (1 балл)

4) Тогда  $m_1 = 2,5 \lg \left( \frac{0,06}{0,15} \left( \frac{3397}{10} \right)^2 \right) - 2,5 = 24^m$  (1 балл)

5) Для Педоса  $A_2 = 0,07$ ,  $R_2 = 6 \text{ км} \Rightarrow m_2 - m = 2,5 \lg \left( \frac{A_2}{A} \left( \frac{R}{R_2} \right)^2 \right)$  (1 балл)

6) Тогда

$$m_2 = 2,5 \lg \left( \frac{0,07}{0,15} \left( \frac{3397}{6} \right)^2 \right) - 2,5 = 25^m \text{ (1 балл)}$$

7) Увидеть невооруженным глазом нельзя, так как небесные тела с положительной звездной величиной очень тусклые и практически невидны (1 балл)  
Человеческий глаз видит до  $6^m$  (8 баллов)

Решение:

4) Дано:

$$\lambda = 500 \text{ нм}$$

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\varphi = 10^6 \frac{\text{протонов}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$$

$\nu = ?$

1) Энергия, излучаемая лазером за 1 с  $R = \lambda \nu$ . Поток с длиной волны  $\lambda = 500 \text{ нм}$ . (2 балла)

2) Посчитаем энергию  $E_0 = \frac{hc}{\lambda}$

$$E_0 = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^{-7}} = 4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \text{ (2 балла)}$$

3) Чтобы лазер создавал такую же освещенность, как звезда нулевой величины, следует поместить на расстояние

$$\nu = \sqrt{\frac{R}{E_0 \cdot \varphi}} \text{ (2 балла)}$$

4) Тогда  $\nu = \sqrt{\frac{1}{10^6 \cdot 4 \cdot 10^{-19}}} = 1,58 \cdot 10^6 \text{ м} = 1580 \text{ км}$  (2 балла)

Ответ:  $\nu = 1580 \text{ км}$  (8 баллов)



5

Дано:

$$m_1 = 2^m$$

$$P_1 = 3,94 \text{ дней}$$

$$m_2 = 10,8^m$$

$$P_2 = 113,9 \text{ дней}$$

$$R_1 = ?$$

$$R_2 = ?$$

Решение:

1) Рассчитаем связь периода пульсаций  $P$  и на величину  $M$ :

$$M = -2,8 \lg(P - 1,43) \quad (2 \text{ балла})$$

$$M_1 = -2,8 \lg(3,94) - 1,43 = 3,11^m \quad (1 \text{ балл})$$

$$M_2 = -2,8 \lg(113,9) - 1,43 = -7,2^m \quad (1 \text{ балл})$$

2) Расстояние до звезды, если она наблюдается как звезда с главной звездной величиной  $m$  определяется:  $R = 10^{\frac{m-M}{5+1}}$  (2 балла)

$$R_1 = 10^{\frac{2-3,11}{6}} = 0,65 \text{ кпк} \quad (1 \text{ балл})$$

$$R_2 = 10^{\frac{10,8+7,2}{6}} = 1000 \text{ кпк} \quad (1 \text{ балл})$$

Ответ:  $R_1 = 0,65 \text{ кпк}$ ,  $R_2 = 1000 \text{ кпк}$

(8 баллов)

6 Дано:

$$D_1 = 5 \text{ см}$$

$$D_2 = 25 \text{ см}$$

$$\lambda = 550 \text{ нм}$$

Решение.

1) Разрешающая способность равна  $\phi = \frac{1,22 \lambda}{D}$ , где  $\lambda = 550 \text{ нм}$  (2 балла)

$$2) \phi_1 = \frac{1,22 \cdot 550 \cdot 10^{-9}}{0,05} = 1,342 \cdot 10^{-5} \text{ рад} = 2,78'' \quad (1 \text{ балл})$$

$$3) \phi_2 = \frac{1,22 \cdot 550 \cdot 10^{-9}}{0,25} = 2,684 \cdot 10^{-6} \text{ рад} = 0,55'' \quad (1 \text{ балл})$$

4) Предельная звездная величина, которую видна, в зависимости от апертуры:  $m = 2,1 + 5 \lg(D \text{ мм})$ , где  $D$  - диаметр в мм (2 балла)

$$5) m_1 = 2,1 + 5 \lg(50 \text{ мм}) = 10,6'' \quad (1 \text{ балл})$$

$$6) m_2 = 2,1 + 5 \lg(250 \text{ мм}) = 14'' \quad (1 \text{ балл})$$

Ответ: человеческий глаз видит звезда до 6<sup>м</sup>.

(8 баллов)

Сравнить разрешающую способность глаза при разном зрении и звезды какой величины можно наблюдать при среднем зрении по сравнению с расширенным?