

1. Какова предельная звездная величина телескопа ТАЛ-1 диаметром 110 мм и относительным отверстием $f/8$.
2. Каково поле зрения и увеличение телескопа ТАЛ-1 диаметром 110 мм и относительным отверстием $f/8$, с окулярами фокусом 10 и 25 мм
3. Какова предельная звездная величина искателя телескопа ТАЛ-1 6x30?
4. Каково поле зрения и фокусное расстояние искателя телескопа ТАЛ-1 6x30, если считать его увеличение равнозрачковым?
5. Телескоп с диаметром объектива 6 см и относительным отверстием $F/15$ укомплектован окулярами с фокусным расстоянием 60 мм и 24 мм. Какое увеличение обеспечивает использование каждого из окуляров с этим телескопом? Определите минимальное угловое разрешение, доступное для визуальных наблюдений с данными окулярами. Можно ли с их помощью разрешить двойную систему с расстоянием между компонентами $2''$? Считать, что разрешающая способность глаза равна $1'$.
6. Каким должно быть фокусное расстояние наземного телескопа с апертурой 20 см, чтобы количество энергии, приходящее от Марса и Антареса ($1.1m$) на один пиксель ПЗС-матрицы, было одинаковым? Считать Марс находящимся в великом противостоянии: его блеск $-2.9m$, расстояние до Земли 56 млн км. Размер квадратного пикселя ПЗС-матрицы равен 10 мкм.
7. Задолго до подлета межпланетной станции к Нептуну со стороны Солнца диск его спутника Тритон различим с борта станции в некоторый телескоп, причем выглядит таким же (по видимым размерам и яркости), как сам Нептун без телескопа. Найдите диаметр объектива телескопа и его увеличение. Геометрическое альbedo Нептуна и Тритона равно 0.41 и 0.76 соответственно.
8. С помощью неподвижного цифрового фотоаппарата с объективом с фокусным расстоянием 50 мм, чувствительной матрицей с диагональю 27.3 мм и форматом 3000x2000 элементов сделан снимок звездного неба с длинной выдержкой. На нем зафиксирован пролет через зенит метеора из потока Персеид кометного происхождения. Метеор имеет длину 20° , а его изображение на снимке, в среднем, имеет такую же ширину и яркость, как след Веги ($\alpha=18.5^h$, $\delta=+38^\circ$, 0^m), также попавшей в кадр. Оцените размер метеорного тела, если известно, что оно летело горизонтально, загорелось и погасло на высоте 100 км. Считать, что 1% кинетической энергии метеорного тела переходит в видимый свет. Скорость метеорных тел потока Персеиды при влете в атмосферу составляет 59 км/с. Уменьшением скорости в атмосфере пренебречь.
9. Телескоп-рефрактор с относительным отверстием 1:5 и прямой каркасной трубой навели на звезду 0^m . Затем с него сняли окуляр и поставили в фокальную плоскость матовую стеклянную пластинку. Какую звездную величину будет иметь изображение звезды на пластинке, если наблюдатель находится рядом с объективом (сбоку от него, не затеняя ход лучей звезды в телескопе)? Считать, что матовое стекло рассеивает весь свет в обе стороны от себя, причем равномерно во всех направлениях.

Урок 400. Недостатки линз:



Урок 401. Преломление света сферической поверхностью:



Урок 402. Формула шлифовщика линз:



Урок 403. Оптика сферических зеркал



Урок 407. Оптические приборы: Микроскоп, телескоп



① Дано:
 $D = 110 \text{ мм}$
 $f/8$
 Найти: m_T - ?

Решение:
 $m_T = 2,1 + 5 \lg D(\text{мм}) =$
 $= 2,1 + 5 \lg 110 \approx 12,31^m$
 Ответ: $m_T \approx 12,31^m$

② Дано:
 $D = 110 \text{ мм}$
 $f/8$
 $f_1 = 10 \text{ мм}$
 $f_2 = 25 \text{ мм}$
 Найти: α_1 - ? Γ_1 - ?
 α_2 - ? Γ_2 - ?

Решение:
 1) $\frac{D}{F} = \frac{1}{8} \quad (f/8)$
 2) $\Gamma_1 = \frac{F}{f_1} = \frac{8D}{f_1} = \frac{8 \cdot 110}{10} = 88 \text{ крм}$
 $\Gamma_2 = \frac{F}{f_2} = \frac{8D}{f_2} = \frac{8 \cdot 110}{25} = 35,2 \text{ крм}$
 3) $\alpha_{\text{ср}} = 45^\circ$
 $\alpha_1 = \frac{\alpha_{\text{ср}}}{\Gamma_1} = \frac{45^\circ}{88} \approx 30' 41''$
 $\alpha_2 = \frac{\alpha_{\text{ср}}}{\Gamma_2} = \frac{45^\circ}{35,2} \approx 1^\circ 16' 42''$

Ответ: $\alpha_1 = 30' 41''$; $\Gamma_1 = 88 \text{ крм}$;
 $\alpha_2 = 1^\circ 16' 42''$; $\Gamma_2 = 35,2 \text{ крм}$.

③ Дано:
 $D = 30 \text{ мм}$
 m_T - ?

Решение:
 $m_T = 2,1 + 5 \lg D(\text{мм}) =$
 $= 2,1 + 5 \lg 30 \approx 9,49^m$
 Ответ: $m_T \approx 9,49^m$

④ Дано:
 $D = 30 \text{ мм}$
 $\Gamma = 6$
 Найти: α - ? F - ?

Решение:
 1) $\Gamma = \frac{F}{f} = \frac{D}{d}$
 $\alpha = \frac{\alpha_{\text{ср}}}{\Gamma} = \frac{45^\circ}{6} = 7^\circ 30'$
 2) $F = \frac{D/2}{\lg(f/2)} = \frac{30/2 \text{ (мм)}}{\lg(7^\circ 30'/2)} \approx 230 \text{ мм}$
 Ответ: $\alpha = 7^\circ 30'$
 $F = 230 \text{ мм}$

5) $D = 60 \text{ мм}$
 $f/15$
 $f_1 = 60 \text{ мм}$
 $f_2 = 24 \text{ мм}$
 $\psi = 2''$
 $\alpha = 1'$

Решение:
 1) $f/15 \rightarrow \frac{D}{F} = \frac{1}{15}$

$$F = 15D = 900 \text{ мм}$$

$$\Gamma_1 = \frac{F}{f_1} = \frac{900}{60} = 15 \text{ крат}$$

$$\Gamma_2 = \frac{F}{f_2} = \frac{900}{24} = 37,5 \text{ крат}$$

$$2) \Gamma = \frac{\alpha_2}{\beta_T} \quad \beta_1 = \frac{\alpha_1}{\Gamma_1} = \frac{1'}{15} = 4''$$

$$\beta_2 = \frac{\alpha_2}{\Gamma_2} = \frac{1'}{37,5} = 1,6''$$

3) Дифф. углы:

$$\theta = \frac{138''}{60 \text{ мм}} (') = 2,3''$$

$$\min\{1,6''; 4''\} = 1,6''$$

$$\max\{2,3''; 1,6''\} = 2,3'', \text{ что } > 2''$$

Ответ: \Rightarrow телескоп не сможет разрешить двойную систему.

Пусть I_A — поток света, приходящий от Антареса.

I_M — поток от Марса.

$$\text{Тогда } k = \frac{I_M}{I_A} = 10^{-0,4(M_M - M_A)} = 40$$

$$\text{Угловой диаметр Марса: } \delta_M = \frac{D_M}{r_M} = \frac{6700}{56 \cdot 10^6} \frac{180^\circ}{\pi} (^\circ) \approx 25'' \equiv \alpha_M$$

Диаметр кружка при Антаресе равен (Антарес — точечный)

дифф. углу θ :

$$\theta_A = 122 \cdot 206265'' \cdot \frac{550 \cdot 10^{-9}}{200 \cdot 10^{-3}} \approx 0,69''$$

$$\text{Тогда с ант. углованием } \theta_A \approx 1'' \equiv \alpha_A$$

Запишем равенство, при котором один пиксель ПЗС-матрицы будет получать одинаковое кол-во энергии приходящее от Марса и Антареса:

$$\frac{E_M \cdot \pi \frac{D^2}{4}}{\pi \left(\frac{\alpha_M}{2} \cdot F \right)^2} = \frac{E_A \cdot \pi \frac{D^2}{4}}{\pi \left(\frac{\alpha_A}{2} \cdot F \right)^2}$$

Заметим, что F сокращается. Тогда Антарес должен помещаться в один пиксель, как точечный источник:

$$\frac{E_M}{\pi(d_M/2 \cdot F)^2} = \frac{E_A}{a^2}$$

$$\pi \left(\frac{d_M}{2} \cdot F \right)^2 = a^2 \cdot \frac{E_M}{E_A} = a^2 \cdot 40$$

$$F = \sqrt{\frac{4a^2 \cdot 40}{\pi d_M^2}} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 170^\circ}{25 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{40}{3,14}} \approx 0,6 \text{ м}$$

Ответ: $F = 60 \text{ см}$

8

$$A_H = 0,41$$

$$A_T = 0,76$$

Найти: D - ?

Решение:

$$1) \Gamma \cdot \rho_T = \rho_H$$

$$\rho = \frac{\rho_H}{\rho_T} = \frac{R_H}{R_T} = \frac{24600}{1350} = 18,2$$

$$2) E_T \cdot \frac{\pi \frac{D^2}{4}}{F^2} = E_H$$

$$E_T = \frac{\frac{L_0}{4\pi R^2} \cdot A_T \cdot \pi R_T^2}{4\pi R_{T-0}^2}$$

$$E_H = \frac{\frac{L_0}{4\pi a_H^2} A_H \cdot \pi R_H^2}{4\pi R_{0-H}^2} \cdot \frac{\pi d_3^2}{4}$$

$$\frac{\frac{L_0}{4\pi R^2} \cdot A_T \cdot \pi R_T^2}{4\pi R_{T-0}^2} \cdot \frac{\pi \frac{D^2}{4}}{F^2} = \frac{\frac{L_0}{4\pi a_H^2} A_H \cdot \pi R_H^2}{4\pi R_{0-H}^2} \cdot \frac{\pi d_3^2}{4}$$

$$D^2 \cdot \frac{A_T \cdot R_T^2}{F^2} = \frac{A_H R_H^2 \cdot d_3^2}{1}$$

$$D = \sqrt{\frac{R_H^2}{R_T^2} \cdot \frac{A_H}{A_T} \cdot d_3^2 \cdot F^2} = 1,47 \text{ м}$$

Ответ: $D = 1,47 \text{ м}$

9) $1/5 = A$

$$M = 0^m$$

Найти: M_x - ?

$$1) \frac{D}{F} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{E \cdot \pi D^2}{4} \cdot \frac{1}{4\pi F^2} = \frac{E}{16 \cdot 5^2} = \frac{E}{400}$$

$$M_x = M - 2,5 \lg \left(\frac{E}{100 \cdot E} \right) =$$

$$= 0 - 2,5 \lg \left(\frac{E}{100 \cdot E} \right) = 6,5^m$$

Ответ: $M_x = 6,5^m$

8) Решение:

Два светила движатся с разной угловой скоростью: для Вен:

$$\omega_1 = \omega_0 \cos \delta = 5,7 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$$

где ω_0 — угл. ск-сть сун. вращ. неб.а.

Найдем угловую скорость метеора:

$$\omega_2 = \frac{v}{h} = \frac{59 \text{ км/с}}{100 \text{ км}} = 0,59 \text{ с}^{-1}$$

Каждый элемент матрицы, на который попало изображение метеора, был освещен в течение меньшего времени, чем элемент матрицы, освещенный звезд. Найдем соотношение звездной величины:

$$m_2 - m_1 = -2,5 \lg \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

При $m_1 = 0^m$ $m_2 = -10^m$

Тогда дадим поток световой энергии метеора с величиной:

$$J_2 = J_0 \cdot 10^{-0,4(m_2 - m_0)}, \text{ где } J_0 = 600 \text{ Вт/м}^2$$

$$m_0 = -26,8$$

$$J_2 = 4,1 \cdot 10^{-4} \text{ Вт/м}^2$$

Длительность полета метеора равна T :

$$T = \frac{l}{\omega_2} \quad l - \text{угловая длина метеора в рад.}$$

$$T = 0,6 \text{ с} \quad \text{и} \quad \Phi = J_2 T = 6,5 \cdot 10^{-5} \text{ Дж/м}^2$$

Полная световая энергия метеора:

$$E_L = 4\pi R^2 \cdot \Phi = 8,1 \text{ Дж}$$

Кин. энергия метеора равна $E_T = \frac{E_L}{1\%} = 100 E_L = 8,1 \cdot 10^8 \text{ Дж}$

Тогда найдем массу метеора, зная его скорость:

$$M = \frac{2 E_T}{v^2} \approx 0,5 \text{ кг}$$

Поток Персеид имеет колоссальное происхождение.

Плотность ρ тел примерно равна $\rho \approx (0,2 - 1) \text{ г/см}^3$

Тогда размер примерно равен:

$$r \approx \sqrt[3]{\frac{M}{\rho}} \approx 10 \text{ см} \quad \text{Ответ: } r = 10 \text{ см}$$