

1. Астроном-любитель навел свой телескоп системы Шмидт-Кассегрен с диаметром входного отверстия 20 см на Юпитер. Затем он надел на объектив телескопа крышку с отверстием посередине диаметром 15 см и обнаружил, что яркость Юпитера упала в 2 раза. Во сколько раз упадет яркость по сравнению с изначальной, если диаметр отверстия окажется 10 см? Если 5 см? Выразите эту величину в звездных величинах во всех трех случаях. Во сколько раз изменится видимый в телескоп угловой размер планеты в каждом случае?
2. У астронома-любителя есть фотоаппарат с ПЗС-матрицей с квадратными пикселями, а также несколько объективов с различными фокусными расстояниями. В один из солнечных дней 2023 года он решил понаблюдать пятна на Солнце. Оцените наименьшее возможное фокусное расстояние объектива, с которым на фотографии удастся зарегистрировать пятна на Солнце. Можно считать, что пятно станет заметным, если займет на снимке площадь не менее  $4 \times 4$  пикселя. Общее количество пикселей камеры – 30 миллионов. Линейные размеры матрицы  $36 \times 24$  мм.
3. Каждый телескоп системы KELT (Kilodegree Extremely Little Telescope) оснащен линзовым объективом с диаметром 42 мм и ПЗС-матрицей размером  $37 \times 37$  мм, содержащей  $4096 \times 4096$  пикселей. Поле зрения телескопа составляет  $26^\circ \times 26^\circ$ . Максимальная чувствительность матрицы достигается на длине волны 600 нм. Определите предельное угловое разрешение такого инструмента.
4. Телескоп с диаметром объектива 5 см и относительным отверстием  $f/15$  укомплектован окулярами с фокусным расстоянием 60 мм и 20 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 его помощью разрешить двойную систему с расстоянием между компонентами  $2''$ . Считать, что разрешающая способность глаза равна  $1'$ .
5. При наблюдении невооруженным глазом некий близорукий человек в своих очках видит на пределе звезды  $6^m$ . В тех же условиях, но без очков он видит на пределе звезды  $3^m$  звездной величины. Оцените разрешающую способность глаза этого наблюдателя без очков, если с использованием очком она равна  $2'$ .
6. Один инопланетянин, оказавшийся случайно на сборах команды России по астрономии, пытается показать школьникам свою родную звезду. Он навел в нужную сторону телескоп (диаметр объектива  $D = 150$  мм, фокусное расстояние  $F = 450$  мм, фокусное расстояние окуляра  $f = 30$  мм) и сказал, что звезда едва видна в центре поля зрения. Известно, что диаметр зрачков инопланетянина  $\delta = 20$  мм, а невооруженным глазом он видит звезды до  $m_A = 8^m$ . Смогут ли участники сборов разглядеть звезду в этот телескоп?
7. Студент-астроном проводит визуальные наблюдения за двойными звездами в сту-

денческой обсерватории МГУ в рефракторе Цейсс-300 (диаметр объектива 250-мм, относительное отверстие 1 : 3.8). После наблюдений он решил навести телескоп на звезду главного здания МГУ (диаметр 7.5 м). На сколько миллиметров ему надо сдвинуть фокус окуляра и в какую сторону? Помогите ему определить фокусное расстояние окуляра, в котором звезда займет все поле зрения целиком. Расстояние от телескопа до Главного здания МГУ – 750 метров. Поле зрения окуляра – 60°.

8. Один астроном после покупки бинокля заметил, что многие люди с плохим зрением не могут сфокусировать этот бинокль на бесконечность из-за ограниченного диапазона фокусировки. Чтобы это исправить, он решился на полную переделку узла фокусировки бинокля. Рассчитайте необходимый диапазон хода фокусировки (максимальное расстояние на которое может перемещаться окуляр), чтобы в этот бинокль могли без проблем наблюдать без очков люди как с близорукостью, так и с дальнозоркостью с очками не менее чем  $\pm 10$  диоптрий. Помните, что бинокль нужен для наблюдения не только бесконечно удаленных объектов! Можно считать что этот бинокль построен по схеме Кеплера из тонких линз. Необходимые для решения задачи данные можно найти в следующей таблице.

Фокусное расстояние объектива бинокля	200 мм
Диаметр объектива бинокля	50 мм
Увеличение бинокля	10 <sup>×</sup>
Минимальная необходимая дистанция фокусировки бинокля	5 м
Стандартное расстояние от глаза до линзы очков	2 см
Минимальная дистанция фокусировки здорового глаза	10 см

9. Один юный астроном все-таки испортил свое зрение и теперь ходит в очках. Исследуя новый аксессуар, он заметил, что без очков видит предметы четкими на расстояниях примерно от 10 до 22 см.
- (а) Помогите ему найти оптическую силу его очков, считая, что они подобраны правильно (диапазон фокусировки глаза используется полностью и в очках астроном четко видит бесконечно удаленные предметы).
  - (b) На каком минимальном расстоянии астроном будет четко видеть в очках?
  - (с) Оцените разрешение ничем не вооруженного, даже очками, глаза астронома при наблюдении удаленных объектов. Подсказка: Все линзы считать тонкими, и очки расположены примерно в 20 мм от глаза. Диаметр зрачка 5 мм, а расстояние от зрачка до сетчатки можно считать равным 20 мм.
10. Один астроном-любитель, проводя наблюдения в самодельный телескоп с окуляром из одиночной линзы, решил попробовать сфотографировать увиденное на камеру мобильного телефона. На каком расстоянии от линзы окуляра ему нужно располагать телефон? Астроном наблюдает в телескоп с фокусным расстоянием объектива 1.5 м на увеличении в 50 крат.

11. Астроном хочет взять с собой в поход лупу для разведения огня. У одной линзы фокусное расстояние 20 см и диаметр 5 см, а у другой – фокусное расстояние 50 см, а диаметр 10 см. Какой из них будет легче поджечь тонкую деревянную палочку? Во сколько раз будет отличаться время поджига, если пренебречь потерями тепла палочкой и аберрациями линз?
12. С помощью системы из телескопа и спектрографа с фокусным расстоянием 5 м и разрешением (масштабом)  $10 \text{ \AA}/\text{мм}$  получен спектр некоторой планеты. Наблюдатель находится в плоскости экватора планеты, щель спектрографа ориентирована вдоль этой же плоскости. Атмосферные линии в спектре планеты оказались наклоненными на угол  $5^\circ$  по отношению к линиям лабораторного источника света. Найдите расстояние до планеты, если ее период обращения вокруг своей оси равен 10 часам. Наблюдения проводятся в спектральной области около длины волны  $5500 \text{ \AA}$ .
13. Считая, что светимость  $L$  и масса  $M$  желтых и красных карликов связаны как  $L \sim M^4$ , определите, у каких звезд можно найти планету с массой, альбедо и температурными условиями, аналогичными Земле, используя спектрограф с разрешением  $10^8$ .
14. Перед фотографическими наблюдениями с линзовым астрографом (диаметр объектива 40 см, относительное отверстие  $1/4$ ) была допущена ошибка при фокусировке на  $\Delta x = 2 \text{ мм}$ . Определите, каким будет угловое разрешение при наблюдениях. Оцените, насколько изменится предельная звездная величина на снимках, если при идеальной фокусировке диаметр звездных изображений в фокальной плоскости равен 0.1 мм.
15. Телескоп системы Ньютона имеет диаметр главного зеркала 130 мм, фокусное расстояние 500 мм и максимальный размер не виньетированного трубой (т. е. не затененного трубой) поля зрения  $1^\circ$ . Плоское вторичное (диагональное) зеркало выносит фокус на расстояние 10 см от главной оптической оси системы. Оцените, на сколько звездных величин ослабляется принимаемый свет вследствие экранирования от вторичного зеркала.
16. Определите радиус кружка сферической аберрации в фокусе сферического зеркала с диаметром  $d$  и фокусным расстоянием  $f$ , если далекий точечный источник света расположен на оптической оси зеркала. Фокус зеркального объектива находится посередине между центром кривизны и поверхностью зеркала. Если фокусное расстояние равно 1 м, то какого диаметра может быть зеркало, чтобы кружок сферической аберрации был меньше, чем дифракционный кружок на длине волны 550 нм?