

Олимпиада по астрономии. Муниципальный этап
10 класс

Задание 1. (3.6. Общие сведения о глазе и оптических приборах)

Изображение Сатурна проецируется на экран, находящийся на некотором расстоянии от окуляра телескопа. Расстояние между объективом и окуляром телескопа (фокусные расстояния 1.5 м и 7 см соответственно) равно 160 см. На каком расстоянии от окуляра находится экран, если изображение Сатурна на нём резкое.

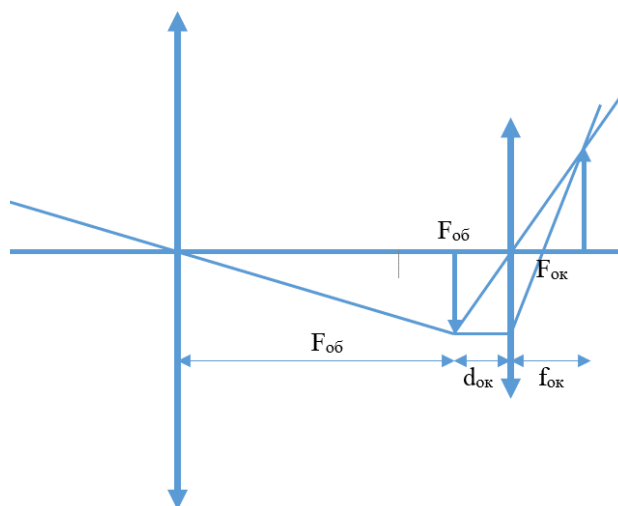
Решение.

1) (3 балла – верно сделан чертёж оптической системы)

Для построения промежуточного изображения удаленных предметов в зрительных трубах достаточно использовать лишь луч, проходящий через оптический центр объектива, учитывая, что положение в этом случае всегда известно - практически оно лежит в его фокальной плоскости.

Промежуточное изображение, даваемое объективом, можно рассматривать как предмет для окуляра, поскольку от этого изображения лучи идут на вторую линзу расходящимся пучком, как если бы они выходили из действительного источника.

Расстояние между объективом и окуляром равно 160 см, а изображение от объектива находится в его фокусе, то $d_{ок} = 160 - F_{об} = 10\text{см}$



2) (3 балла – верно использована формула линзы)

Если изображение проецируется на экран, отстоящий от линзы окуляра на расстоянии $f_{ок}$, окуляр нужно отодвинуть от объектива настолько, чтобы изображение от линзы объектива находилось от линзы окуляра на расстоянии

$d_{ок}$, удовлетворяющем уравнению линзы $\frac{1}{F_{ок}} = \frac{1}{d_{ок}} + \frac{1}{f_{ок}}$.

3) (2 балла – верно проведены расчёты)

Отсюда $f_{ок} = \frac{d_{ок} F_{ок}}{d_{ок} - F_{ок}} = \frac{10 \cdot 7}{10 - 7} = 23, (3) \text{ см.}$

Задание 2. (4.6. Звезды, общие понятия)

Мицар находится на расстоянии 24 пк, имеет видимую звёздную величину $2,23^m$ и больше Солнца в 3,36 раза. Оценить минимальную температуру Мицара (считать, что $\lg 24 \approx 1.38$).

Решение.

1) (2 балла – расчёт абсолютной звёздной величины)

Абсолютная звёздная величина звезды: $M = m + 5 - 5 \lg d = 0,33$.

2) (3 балла – приведён закон зависимости светимости-размера-температуры)

Из закона Стефана-Больцмана, связывающего светимость, размеры и температуру звёзд, получим (логично взять Солнце за стандартную звезду):

$$\frac{L}{L_s} = \left(\frac{R}{R_s} \right)^2 \left(\frac{T}{T_s} \right)^4.$$

3) (3 балла – верно проведены расчёты)

Светимость Мицара больше светимости Солнца в $10^{0,4 \cdot (4,7 - 0,33)} = 56$ раз
Отсюда температура звезды равна

$$T = T_s \left(\frac{L}{L_s} \right)^{0,25} \left(\frac{R_s}{R} \right)^{0,5} = T_s \cdot 2,73 \cdot 0,54 \approx 9000 K$$

Задание 3. (4.5. Шкала звездных величин)

Оценить среднее количество сверхновых, которые можно было бы зафиксировать с Земли, если среднее абсолютная звёздная величина сверхновой в пике блеска составляет -18^m , а в каждой галактике сверхновая в среднем вспыхивает в среднем раз в 100 лет. Средняя плотность галактик в пространстве 1 на 10 Мпк^3 . Для простоты считать, что средняя видимая звёздная величина таких звёзд 15^m . Сравнить с реальным количеством сверхновых, которые удаётся зафиксировать в год (около 400), и объяснить, почему удаётся найти намного меньше сверхновых.

Решение.

1) (3 балла – определена область, на которой можно наблюдать сверхновые)

Для начала следует определить расстояния до фиксируемых сверхновых по формуле

$$\lg(r) = 0.2(m + 5 - M) = 0.2(15 + 5 + 18) = 7.6$$

То есть наблюдения охватывают область с радиусом $r = 10^{7,6} \approx 40 \text{ Мпк}$.

Объём области составляет $4\pi r^3 / 3 \approx 270000 \text{ Мпк}^3$.

2) (3 балла – определено количество сверхновых)

На эту область приходится примерно 27000 галактик. Так как в галактике сверхновая в среднем вспыхивает 1 раз в сто лет, то ожидаемое количество наблюдаемых сверхновых составляет примерно 2700.

3) (2 балла – сделано замечание о том, почему их наблюдается меньше)
Межзвёздное поглощение света, несовершенство и фиксированная направленность вглубь Вселенной телескопов значительно уменьшает число реально обнаруженных сверхновых.

Задание 4. (5.6. Эволюция звезд)

По современным оценкам при переходе Солнца в стадию красного гиганта, которое произойдёт приблизительно через 5 млрд лет, его температура понизится примерно до 4000 К, в тоже время светимость увеличится примерно в 3000 раз. Орбиты каких планет будут поглощены Солнцем? Что при этом произойдёт с орбитой Земли, будет ли она поглощена? Если нет, то будут ли шансы сохранения на ней жизни?

Решение.

1) (2 балла – верная формула)

Согласно закону Стефана-Больцмана $\frac{L}{L_S} = \left(\frac{R}{R_S}\right)^2 \left(\frac{T}{T_S}\right)^4$.

2) (3 балла – проведена оценка размеров Солнца в стадии красного гиганта)

Радиус Солнца будет достигать $R \approx \left(\frac{T}{T_S}\right)^{-2} \left(\frac{L}{L_S}\right)^{0.5} R_S \approx 137000000$ км.

Венера и Меркурий будут поглощены.

3) (3 балла – предложено несколько вариантов для Земли)

Земля будет вне границы Солнца (0,93 а.е. расширение). Но возможны варианты. В любом случае близкая поверхность Солнца испарит атмосферу Земли. Шанс на жизнь будут иметь только организмы. Кроме того, Земля может быть отнесена от Солнца в процессе его расширения солнечным ветром. Если этого не произойдёт, то Земля всё равно может упасть на Солнце, так как в стадии красного гиганта Солнце будет крайне нестабильным. Любые флуктуации на поверхности звезды приведут к снижению орбиты.

Задание 5. (4.4. Движение Луны.)

Известно, что на небе имеется большое количество звёзд с видимой звёздной величиной до 6^m (около 6000). Видимый диаметр Луны 0,5^o. Сколько звёзд Луна покрывает за сутки? Почему вероятность увидеть покрытие звезды Луной чрезвычайно мала? Площадь небесной сферы составляет 41.3 тыс. кв. градусов.

Решение

1) (2 балла – произведена оценка количества покрываемых звёзд)

Плотность звёзд может быть оценена как площадь небесной сферы на количество звёзд – около 0.15 звёзд на квадратный градус. Площадь, которую

проходит Луна за сутки составляет $0.5^\circ \times (360^\circ / 29,5 \text{ суток})$, то есть около $0.5^\circ \times 12,2^\circ$ – это около 6.1 квадратных градусов. То есть за сутки Луна покрывает 6.1×0.15 – примерно 1 звезду!

2) (6 баллов – указаны причины, оценка 2+2+2 за варианты а-б-в)

Причины малой вероятности наблюдения:

а) день-ночь – днём покрытие наблюдать невозможно

б) яркие фазы Луны – когда Луна близка к полнолунию, она слишком ярка по отношению к звёздам, слабые звёзды вблизи Луны не видны

в) оставшиеся фазы Луны, на которых видимость покрытия была бы лучшей (от новолуния до первой четверти и от последней четверти до новолуния) приходится на утро и вечер.

Задание 6. (3.4. Солнечная система)

Максимальное расстояние от Солнца до ярчайшей кометы XX в. (1995 год) – кометы Хейла-Боппа – составляет 370.8 а.е., а период обращения не превышает 2533 года. Определить перигелий кометы.

Решение.

1) (2 балла – записан третий закон Кеплера)

Согласно третьему закону Кеплера $\frac{a_1}{a_2} = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{2/3}$. Где a – большие

полуоси, T – период обращения.

2) (4 балла – в третьем законе Кеплера взяты параметры Земли (не обязательно, можно взять параметры для Марса, Юпитера и т.д.) и приведена формула для большой полуоси)

Период обращения Земли вокруг Солнца равен 1 году, Земля движется относительно Солнца практически по окружности, то есть большая полуось орбиты Земли близка к 1 а.е. Тогда большая полуось кометы Хейла-Боппа равна $a_1 = (370.8 + r_{\min}) / 2$

3) (2 балла – верно получен ответ)

Перигелий кометы – $r_{\min} = 2a_2 \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{2/3} - 370.8 \approx 0.93$ а.е.