

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.