



Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады  
по астрономии  
Ленинградская область

2018  
14  
ноября

---

11 класс

---

1. Светимость звезды составляет 6.4 тысяч светимостей Солнца, температура — 4460 К (температура Солнца, для сравнения, 5780 К). Представим, что звезду поместили на место Солнца. Между современных орбит каких двух планет располагалась бы поверхность данной звезды?

**Решение:**

По закону Стефана–Больцмана светимость, радиус и температура звезды связаны соотношением  $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$ . Сопоставив звезду с Солнцем, получим соотношение

$$\frac{L}{L_\odot} = \left(\frac{R}{R_\odot}\right)^2 \left(\frac{T}{T_\odot}\right)^4 \implies R = \sqrt{\frac{L}{L_\odot}} \left(\frac{T_\odot}{T}\right)^2 R_\odot \approx 1.3 \cdot 10^2 R_\odot.$$

Радиус Солнца равен  $7 \cdot 10^5$  км; это значение можно получить из сопоставления видимых угловых размеров Солнца и величины астрономической единицы. Радиус звезды тогда равен  $1.3 \cdot 10^2 \cdot 7 \cdot 10^5 = 9.1 \cdot 10^7$  км. Переведем это значение в астрономические единицы:  $9.1 \cdot 10^7 / 1.5 \cdot 10^8 \approx 0.6$  а.е., что больше радиуса орбиты Меркурия, но меньше радиуса орбиты Венеры.

2. В двойном пульсаре массы компонент равны и составляют 1.3 массы Солнца каждая, а орбитальный период системы равен 2.6 часа. Найдите большую полуось системы.

**Решение:**

Если массы компонент системы  $\mathcal{M}_1$  и  $\mathcal{M}_2$  выражены в массах Солнца, орбитальный период  $P$  — в годах, а большая полуось  $a$  — в астрономических единицах, то III закон Кеплера имеет вид

$$\frac{P^2}{a^3} = \frac{1}{\mathcal{M}_1 + \mathcal{M}_2}.$$

Переведем 2.6 часа в годы, получим  $P = \frac{2.6}{365.25 \cdot 24} = 3 \cdot 10^{-4}$  года. Отсюда

$$a = \sqrt[3]{2.6 \cdot (3 \cdot 10^{-4})^2} = \sqrt[3]{234 \cdot 10^{-9}} \approx 6 \cdot 10^{-3} \text{ а.е.}$$

3. Поглощение света атмосферой Земли при наблюдениях в зените составляет  $0^m.2$ . Оцените, каким будет поглощение при наблюдении на зенитном расстоянии  $60^\circ$ .

**Решение:**

Поскольку атмосфера Земли достаточно тонкая (высота однородной атмосферы составляет примерно 8 км), можно считать, что при зенитном расстоянии  $60^\circ$  свет от объекта проходит через атмосферу расстояние, примерно в  $1/\cos 60^\circ = 2$  раза большее, чем в зените. Поскольку при прохождении атмосферы в зените поглощение составляет  $0^m.2$ , на зенитном расстоянии  $60^\circ$  оно окажется примерно в 2 раза больше, т.е. около  $0^m.4$ .

4. Два спутника обращаются по круговым орбитам над земным экватором так, что один пролетает над другим каждые 10 часов. Каковы их периоды обращения по орбите, если отношение радиусов их орбит равно 4?

**Решение:**

Из условий следует, что синодический период обращения  $S$  для одного спутника при наблюдении со второго равен 10 часам. Пусть  $T_1$  и  $T_2$  — периоды обращения спутников на низкой и высокой орбите, тогда

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}.$$

Для определения соотношения периодов сопоставим параметры орбит по третьему закону Кеплера:

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3} \implies \frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \implies \frac{T_1}{T_2} = \frac{1^{3/2}}{4^{3/2}} = \frac{1}{8}.$$

Отсюда

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{8T_1} = \frac{7}{8} \cdot \frac{1}{T_1} \implies T_1 = \frac{7}{8}S = 8.75^h.$$

Тогда  $T_2 = 8T_1 = 70^h$ .

5. Сверхновая, вспыхнувшая в некоторой галактике, в максимуме блеска имела светимость  $L = 2.5 \cdot 10^9$  светимостей Солнца. На сколько звездных величин для наблюдателя на Земле она была слабее этой галактики, если галактика располагается на расстоянии 20 Мпк и имеет видимую звездную величину  $m = +11^m$ ?

**Решение:**

Абсолютная звездная величина сверхновой равна  $M = M_\odot - 2.5 \lg \frac{L}{L_\odot} \approx -18^m.5$ . Тогда видимая звездная величина сверхновой на таком расстоянии равна  $m = M - 5 + 5 \lg r \approx 13^m$ , разность звездных величин составляет  $13^m - 11^m = 2^m$ .