

4. Некоторая классическая цефеида имеет массу и радиус в 6,50 и 45,0 раз, соответственно, больше чем у Солнца. Ее средняя видимая звездная величина равна 6,7^m.

- а) Какова средняя плотность цефеиды?
 б) Чему равен период пульсации цефеиды в сутках?
 в) Оцените светимость цефеиды в светимостях Солнца.
 г) На каком расстоянии от нас она находится?
 (Абсолютную звездную величину Солнца примите равной 4,83.)

Решение:

а) Среднюю плотность цефеиды находим по формуле:

$$\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} \approx \frac{3 \cdot 6,5 \cdot 2,0 \cdot 10^{30}}{4 \cdot \pi \cdot (45 \cdot 696000000)^3} \approx 0,101 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Можно также найти отношение средней плотности цефеиды к средней плотности Солнца:

$$\frac{\rho}{\rho_c} = \frac{\frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}}{\frac{M_c}{\frac{4}{3}\pi R_c^3}} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} \cdot \frac{\frac{4}{3}\pi R_c^3}{M_c} = \frac{M}{R^3} \cdot \frac{R_c^3}{M_c} = \frac{6,5M_c}{(45R_c)^3} \cdot \frac{R_c^3}{M_c} = \frac{6,5}{45^3} \approx 7,13 \cdot 10^{-5}.$$

б) Период пульсации классической цефеиды можно оценить по формуле, вывод которой основан на формуле для периода свободных колебаний математического маятника:

$$P = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}} \approx \sqrt{\frac{3\pi}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 0,101}} \approx 1,183 \cdot 10^6 \text{ с} \approx 13,7 \text{ суток}.$$

Этот же период можно было оценить в сутках и по приближённой формуле $P \approx \frac{0,12}{\sqrt{\rho/\rho_c}}$.

в) Найдём M' - абсолютную звездную величину цефеиды:

$$M' \approx -1,43 - 2,81 \cdot \lg P \approx -1,43 - 2,81 \cdot \lg 13,7 \approx -4,62^m.$$

Теперь оценим светимость цефеиды (в светимостях Солнца):

$$\lg L = 0,4 \cdot (M'_c - M') \approx 0,4 \cdot (4,83 + 4,62) \approx 3,78 \rightarrow L \approx 10^{3,78} \approx 6,04 \cdot 10^3.$$

г) Расстояние до цефеиды определим по формуле:

$$\lg r = 1 + 0,2(m - M') \approx 1 + 0,2 \cdot (6,7 + 4,62) \approx 3,25 \rightarrow r \approx 10^{3,25} \approx 1,82 \cdot 10^3 \text{ пк} \approx 5,9 \cdot 10^3 \text{ св.лет}.$$

Ответ: а) $\rho = 0,101 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $\frac{\rho}{\rho_c} \approx 7,13 \cdot 10^{-5}$. б) $P = 13,7 \text{ суток}$, в) $L = 6,04 \cdot 10^3$,

г) $r \approx 1,82 \cdot 10^3 \text{ пк} \approx 5,9 \cdot 10^3 \text{ св.лет}$.