

1) $2,85 \text{ сут} = 4T_c \rightarrow T_c = \frac{2,85 \cdot 24 \cdot 60^2}{4} = 2,85 \cdot 6 \cdot 60^2$

$T_c = \frac{2,85}{4} \approx 0,71 \text{ сут}$, орбиты круговые — симметрия

2) Спектр-линии в спектрах звезд расширяются и сужаются вращением вокруг своей оси

$\Rightarrow \frac{\Delta \lambda}{\lambda_0} = \frac{v_{ос}}{c} \rightarrow v_{ос1} = \frac{0,34}{2314} \cdot 3 \cdot 10^8 = \frac{3 \cdot 34}{2314} \cdot 10^6 = \frac{3}{68} \cdot 10^6 =$
 $= \frac{300}{68} \cdot 10^4 \approx 4,4 \cdot 10^4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Ан, $v_{ос2} = \frac{0,36}{2314} \cdot 3 \cdot 10^8 = \frac{36 \cdot 3}{2314} \cdot 10^6 = \frac{18 \cdot 3}{1157} \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

~~В~~ ~~эти~~ ~~Т.к.~~ период системы достаточно мал, можно предположить, что в ней происходят приливные явления, и звезды всегда повернуты одна к другой с одной стороны друг к другу $\Rightarrow T_{*ос} = T_{системы}$

Тогда $v_{ос} = \frac{2\pi}{T_c} \cdot R_1 \rightarrow R_1 = \frac{v_{ос1} \cdot T_c}{2\pi}$

$R_1 = \frac{3 \cdot 17}{1157} \cdot 10^6 \cdot \frac{0,71 \cdot 24 \cdot 60^2}{2 \cdot 3,14} = \frac{3 \cdot 17 \cdot 71 \cdot 24 \cdot 6^2}{1157 \cdot 2 \cdot 3,14} \cdot 10^6 =$
 $= \frac{3 \cdot 71 \cdot 24 \cdot 6^2}{68 \cdot 2 \cdot 3,14} \cdot 10^6 = \frac{71 \cdot 3 \cdot 6^2 \cdot 10^6}{17,6} \approx 71 \cdot 6 \cdot 10^6 \approx 4,26 \cdot 10^8 \text{ м}$

$$A_{\mu}, R_2 = \frac{V_{oc2}}{R_{\pi}} \cdot T_c = \frac{3 \cdot 18 \cdot 10^6}{1157} \cdot \frac{71 \cdot 24 \cdot 6^2}{2 \cdot 3,14} =$$

$$= \frac{18 \cdot 71 \cdot 2 \cdot 6^3}{1157} \cdot 10^6 \approx \frac{18 \cdot 71 \cdot 6^3}{579} \cdot 10^6 \approx \frac{71 \cdot 6^3}{12} \cdot 10^6 = 71 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 10^6 =$$

$$= 71 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 10^6 \mu$$

$$g = \frac{GM}{R^2} - \frac{v^2}{R} \rightarrow M = \frac{(gR + v^2)R}{G}$$

$$\Rightarrow M_1 = \frac{(3 \cdot 10^3 \cdot 71 \cdot 6 \cdot 10^6 + \frac{300}{68} \cdot 10^6)^2}{6,67 \cdot 10^{11}} \cdot 71 \cdot 6 \cdot 10^6 =$$

$$= \frac{(9 \cdot 71 \cdot 10^9 + \frac{300}{68} \cdot 10^8)^2}{6,67} \cdot 71 \cdot 6 \cdot 10^{17} =$$

$$= \frac{(9 \cdot 71 \cdot 10 + 4,4^2) \cdot 71 \cdot 6 \cdot 10^{25}}{6,67} \approx \frac{655 \cdot 71 \cdot 6 \cdot 10^{25}}{6,67} \approx 71 \cdot 6 \cdot 10^{27} =$$

$$= 4,26 \cdot 10^{30} m$$

~~$$M_2 = \frac{(3 \cdot 10^3 \cdot 71 \cdot 18 \cdot 10^6 + \frac{18 \cdot 3}{1157} \cdot 10^6)^2}{6,67 \cdot 10^{11}} \cdot 71 \cdot 18 \cdot 10^6 =$$~~

~~$$= \frac{(3 \cdot 71 \cdot 18 \cdot 10^9 + \frac{5600}{1157} \cdot 10^8)^2}{6,67} \cdot 71 \cdot 18 \cdot 10^{17} =$$~~

~~$$\approx \frac{3 \cdot 71 \cdot 18 \cdot 10^{25}}{6,67} \approx 71 \cdot 18 \cdot 10^{28} = 18 \cdot 71 \cdot 18 \cdot 10^{28}$$~~

~~$3 \cdot 71 \cdot 18 \cdot 10^9 = 71 \cdot 18 \cdot 10^{17}$~~ ~~$639 \cdot 18 \cdot 71 \cdot 18 \cdot 10^{26}$~~
 ~~$6,67$~~ ~~$6,67$~~

~~$18 \cdot 71 \cdot 18 \cdot 10^{28} = 1,8 \cdot 71 \cdot 1,8 \cdot 10^{31} \approx 12,8 \cdot 1,8 \cdot 10^{31} \approx 2,2 \cdot 10^{32}$~~

$$V_1 \sin i = \frac{3,5}{2,5} \cdot 20$$

$$V_2 \sin i = \frac{3}{2,5} \cdot 20$$

$$\frac{V_1 \sin i}{V_2 \sin i} = \frac{M_2}{M_1} \rightarrow \frac{M_2}{M_1}$$

$$M_2 = \frac{1,42}{4,26} \cdot \frac{3,5}{3} \cdot 10^{30} \approx 4,97 \cdot 10^{30} \text{ кг}$$

$$M_2 = M_1 \cdot \frac{V_1}{V_2} = 4,26 \cdot 10^{30} \cdot \frac{3,5}{3}$$

$$\Rightarrow M_1 = 4,26 \cdot 10^{30} = \frac{4,26}{2} = 2,13 M_{\odot}$$

$$M_2 = \frac{4,97}{2} \approx 2,48 M_{\odot}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{T_e}{T_{\odot}} \right)^3 \cdot \frac{(M_1 + M_2)}{M_{\odot}} = \left(\frac{a}{a_{\odot}} \right)^3$$

$$\rightarrow a = a_{\odot} \sqrt[3]{\frac{2,47 + 2,13}{1} \cdot \left(\frac{0,71}{365} \right)^3} = \sqrt[3]{4,6 \cdot \left(\frac{1}{5,2} \right)^2}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{4,6 \cdot 2,3}{5,2 \cdot 5,2}} = \sqrt[3]{\frac{2,3}{2,6 \cdot 5,2}} \approx \sqrt[3]{\frac{2,4}{2,6 \cdot 5,2}} \approx \sqrt[3]{\frac{1}{5,2}}$$

$\sqrt[3]{17} \approx \frac{1}{1,8} \approx 0,6 \text{ а.е.}$ - вероятно, неправильно

~~...~~ $\Delta v_{\max} = \sqrt{\frac{GM_{\oplus}}{a}} \sin i$ - либо это должно работать

$\rightarrow i = \sin^{-1} \left(\frac{V_{\text{ext max}}}{\sqrt{\frac{GM_{\oplus}}{a}}} \right)$ - если подставить $V_{\text{ext max}}$ - все будет ок

$V_{\text{ext max}} = \frac{1,3}{2,5} \cdot 20 = 2,6 \cdot 10^3 \frac{\text{km}}{\text{c}}$

$i = \sin^{-1} \left(\frac{2,6 \cdot 20}{30 \cdot \sqrt{0,6}} \right) = \sin^{-1} \left(\frac{2}{3} \cdot \frac{2,6}{\sqrt{0,6}} \right)$

$\sqrt{\frac{GM_{\oplus}}{a}} = V_0 \cdot \sqrt{\frac{M_{\oplus}}{M_{\odot}} \cdot \frac{a_0}{a}} = 30 \cdot \sqrt{0,6} \cdot \frac{1}{0,3}$

$\approx 30 \cdot \sqrt{0,6}$

$i = \sin^{-1} \left(\dots \right)$

$$\text{I зв.} : R_1 = \frac{4,26}{7} \approx 0,7 R_{\odot}$$

 $\Rightarrow \sim \text{FO-A5}$

$$M_1 = 2,13 M_{\odot}$$

$$\text{II зв.} : R_2 = \frac{3 \cdot 4,26}{7} \approx 2,1 R_{\odot}$$

 $\Rightarrow \sim \text{G0}$

$$M_2 = 2,47 M_{\odot}$$



XXXI Санкт-Петербургская
астрономическая олимпиада
практический тур

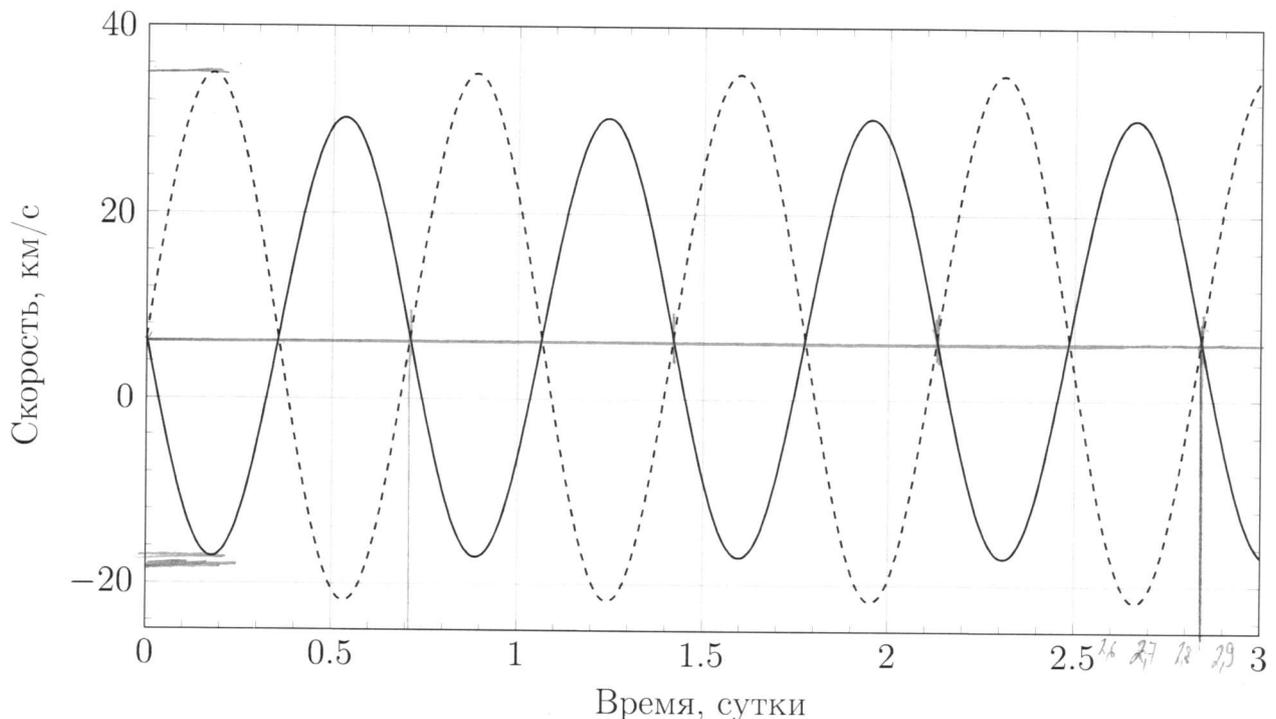
2024
3
марта

10 класс

Вам дана кривая лучевых скоростей двойной звезды LP 413–53AB, полученная в ходе наблюдений с 2007 по 2023 годы и аппроксимированная численной моделью. По оси абсцисс отложено время в сутках, по оси ординат — лучевая скорость каждой из компонент (в км/с). Определите:

- массы компонент;
- спектральные классы звезд;
- среднее расстояние между компонентами;
- угол наклона орбиты к лучу зрения.

Полуширина спектральной линии угарного газа (CO) $\lambda = 2314$ нм в спектре звезды, кривая лучевых скоростей которой обозначена штрихованной линией, составляет 0.34 \AA , в спектре звезды с кривой лучевых скоростей, обозначенной сплошной линией — 0.36 \AA , ускорения свободного падения на поверхности обеих компонент равны $3 \cdot 10^5 \text{ см/с}^2$. Можно считать, что оси вращения звезд перпендикулярны плоскости их орбит.



Решения задач и результаты олимпиады будут размещены на сайте

<http://school.astro.spbu.ru>