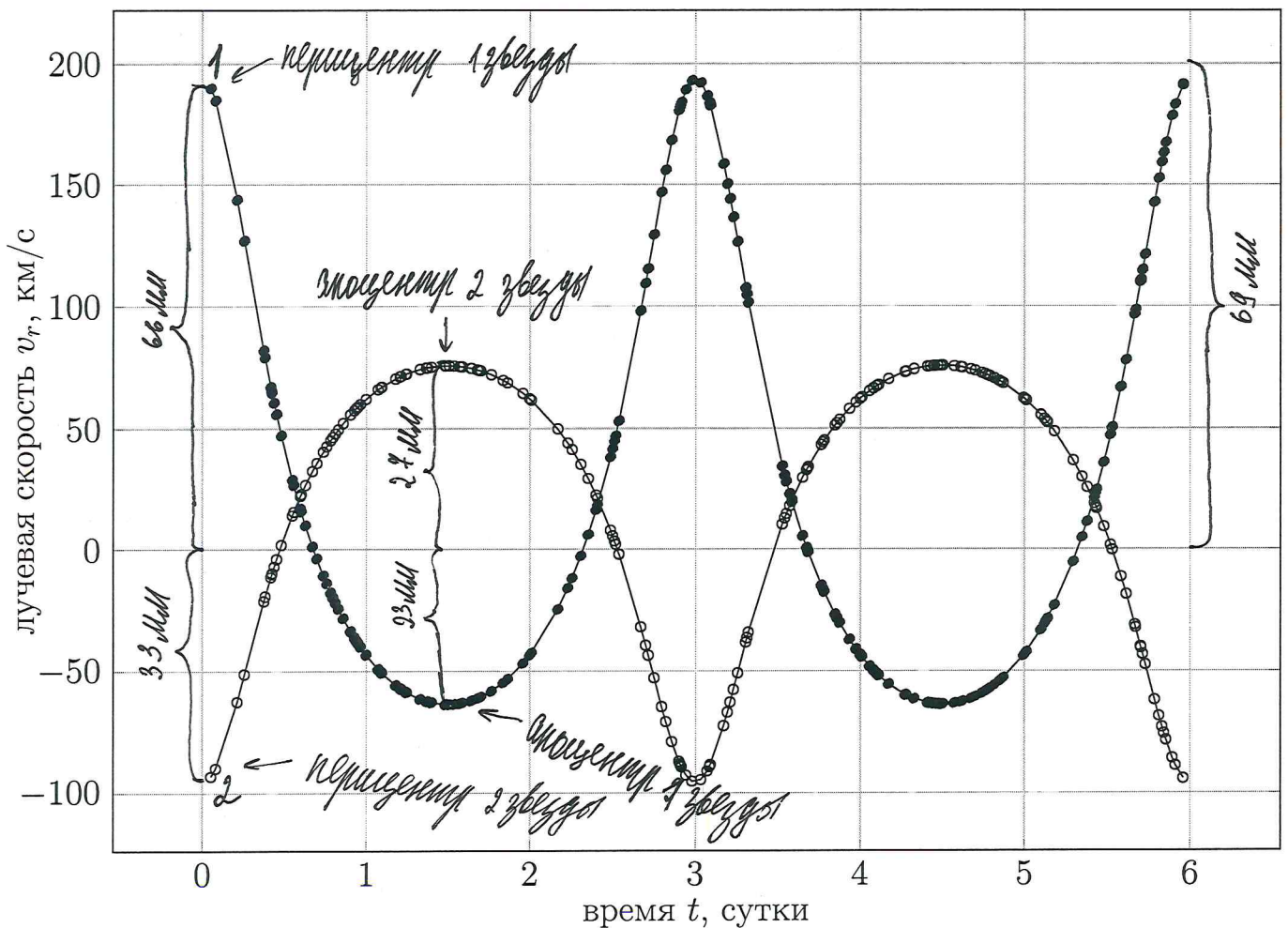


11 класс

Вам дана кривая лучевых скоростей двойной системы, состоящей из двух звезд Главной последовательности. Луч зрения лежит в плоскости орбиты, линия апсид (соединяющая периастры и апоастры орбит) перпендикулярна лучу зрения. Найдите параметры системы: массы звезд, период и большую полуось системы, эксцентриситет орбиты. Определите видимые звездные величины системы в максимуме и минимуме блеска. Годичный параллакс системы равен $\pi = 0''.05$, звезды считайте сферически симметричными, эффектами прогрева и потемнения диска к краю можно пренебречь.



Практический тур.

Измерили на графике расстояние до 5 точек: до 2 точек начало графиков, до 2 точек перегиба, до точки, где лучевая скорость равна 200.

69 мм - 200 мкм/с	с помощью пропорции		$\frac{200}{138} \frac{69}{2,89...}$
66 мм - x_1 км/с	$v_{H1} = x_1 = \frac{200}{69} \cdot 66 = 2,9 \cdot 66 \approx 190$ км/с		$\frac{620}{552}$
33 мм - x_2 км/с	$v_{H2} = x_2 = 2,9 \cdot 33 = \frac{190}{2} = 95$ км/с		$\frac{680}{621}$
23 мм - y_1 км/с	$v_{a1} = y_1 = 2,9 \cdot 23 \approx 65$ км/с		$\frac{59}{...}$
27 мм - y_2 км/с	$v_{a2} = y_2 = 2,9 \cdot 27 \approx 80$ км/с		$\frac{66}{12,9}$

точки x_1 где скорости максимальна - это моменты прохождения перигелия орбиты (т.к. скорости максимальна только в этом случае, а линия аполлона перпендикулярна лучу зрения).
 v аполлониде с наименьшей скоростью, она будет в апогее - мре.

$$v_H = v_0 \sqrt{\frac{1+l}{1-l}}, \quad v_0 - \text{орбитальная скорость}$$

$$v_a = v_0 \sqrt{\frac{1-l}{1+l}}, \quad l - \text{эксцентриситет.}$$

$$\frac{v_H}{v_a} = \frac{1+l}{1-l}$$

$$v_H(1-l) = v_a(1+l)$$

$$v_H - v_H l = v_a + v_a l$$

$$v_H - v_a = l(v_H + v_a)$$

$$l = \frac{v_H - v_a}{v_H + v_a}$$

$$l_1 = \frac{190 - 65}{190 + 65} = \frac{125}{255} = \frac{25}{51} \approx \frac{1}{2}$$

$$l_2 = \frac{95 - 80}{95 + 80} = \frac{15}{175} = \frac{3}{35}$$

Общая эксцентриситет орбиты.

$$l = \frac{v_{H0} - v_{a0}}{v_{H0} + v_{a0}}$$

$$v_{H0} = v_{H1} + v_{H2} \leftarrow \text{общая скорость}$$

$$v_{a0} = v_{a1} + v_{a2}$$

$$v_{H0} = 190 + 95 = 285$$

$$v_{a0} = 65 + 80 = 145$$

$$l = \frac{285 - 145}{285 + 145} = \frac{140}{430} = \frac{14}{43}$$

До упреждения было, что период как орбитальный звезды, так и системы в целом примерно равно 3 суткам.

$$T_1 = T_2 = T \approx 3 \text{ сут.}$$

$$\begin{array}{r} 34,4 \\ \sqrt{134,8} \\ \hline 134,8 \end{array} \quad \begin{array}{r} 34,8 \\ \sqrt{134,8} \\ \hline 134,8 \end{array} \quad \begin{array}{r} 34,9 \\ \sqrt{134,9} \\ \hline 134,9 \end{array}$$

За это время звезда пролетит расстояние $C = v_0 \cdot T$.

Это расстояние будет равно сумме длины $C = \pi(a+b)$

a - большая полуось b - малая полуось

$$b = a \sqrt{1 - e^2}, \text{ из определенной эксцентриситета.}$$

$$\begin{array}{r} \times 95 \\ 380 \end{array}$$

$$v_0 = v_n \sqrt{\frac{1-e}{1+e}} \quad 1900 | 17$$

$$\sqrt{16} < \sqrt{19} < \sqrt{20}$$

$$\frac{17,6}{18,49} < \sqrt{1900} < \frac{19,36}{19,36}$$

$$v_{01} = 190 \cdot \sqrt{\frac{0,5}{1,5}} = \frac{190}{\sqrt{3}} =$$

$$v_{02} = 95 \sqrt{\frac{32}{35} \cdot \frac{35}{38}} = 95 \cdot \sqrt{\frac{32}{38}} =$$

$$= \frac{190}{1,7} \approx 112 \text{ км/с}$$

$$= \frac{95 \cdot 4}{\sqrt{19}} = \frac{95 \cdot 4}{4,3} = \frac{380}{4,3} = 88 \text{ км/с}$$

$$C_1 = v_{01} \cdot T = 112 \cdot 3 \cdot 24 \cdot 3600 =$$

$$C_2 = 88 \cdot 3 \cdot 24 \cdot 3600 = 88 \cdot 72 \cdot 3600 =$$

$$= 112 \cdot 72 \cdot 3600 = 112 \cdot 259200 =$$

$$= 88 \cdot 259200 = 22809600 \text{ км}$$

$$= 29030400 \text{ км}$$

$$\begin{array}{r} 88 \cdot 72 \cdot 3600 \\ \sqrt{380} \\ \hline 380 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 259200 \\ 112 \\ \hline 5184 \\ + 2592 \\ \hline 29030400 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 259200 \\ 88 \\ \hline 20736 \\ + 20736 \\ \hline 22809600 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 35 \\ 35 \\ \hline 1225 \\ + 175 \\ \hline 1225 \end{array} \quad \sqrt{1211,04} < \sqrt{1216} < \sqrt{1218,01}$$

$$a_1 = \frac{C_1}{\pi(1 + \sqrt{1 - e^2})} = \frac{29030400}{3(1 + \sqrt{1 - 0,75})} =$$

$$a_2 = \frac{C_2}{\pi(1 + \sqrt{1 - e^2})} = \frac{22809600}{3(1 + \sqrt{1 - \frac{9}{1225}})} =$$

$$= \frac{29030400}{1 + \sqrt{0,75}} =$$

$$\begin{array}{r} 29030400 | 3 \\ - 27 \\ \hline 20 \\ - 18 \\ \hline 23 \\ - 21 \\ \hline 20 \\ - 18 \\ \hline 24 \\ - 24 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 22809600 | 3 \\ - 21 \\ \hline 18 \\ - 18 \\ \hline 9 \\ - 9 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$= \frac{22809600}{1 + \sqrt{\frac{9}{1225}}} =$$

$$= \frac{7603200}{1 + \sqrt{1216}} =$$

$$= \frac{9676800 \cdot 2}{2 + \sqrt{3}} =$$

$$= \frac{7603200 \cdot 35}{35 + \sqrt{1216}} = \frac{7603200 \cdot 35}{35 + 34,8} =$$

$$= \frac{9676800 \cdot 2}{3,7} =$$

$$\text{См. на след. странице} = \frac{7603200 \cdot 35}{69,8} = \text{См. страница 2}$$

$a_1 \approx 5,2$ ММ. КМ.

$a_2 \approx 3,8$ ММ. КМ

$\begin{array}{r} 1 \quad 9676800 \\ 2 \\ \hline 19353600 \end{array}$	$\begin{array}{r} 193536000 \quad \quad 37 \\ \hline 185 \\ \hline 85 \\ -74 \\ \hline 113 \\ -111 \\ \hline 260 \\ -259 \\ \hline 100 \\ -74 \\ \hline 260 \\ \dots \end{array}$	$\begin{array}{r} 7603200 \\ \times 35 \\ \hline 380160 \\ 228096 \\ \hline 266112000 \end{array}$	$\begin{array}{r} 266112000 \quad \quad 698 \\ \hline 2096 \\ \hline 5671 \\ -5584 \\ \hline 872 \\ -698 \\ \hline 1740 \\ -1396 \\ \hline 3440 \\ -2792 \\ \hline 6480 \\ -6282 \\ \hline 1981 \\ -1396 \\ \hline 5850 \\ -5584 \\ \hline 266 \end{array}$
$\begin{array}{r} \times 36 \\ 36 \\ \hline 216 \\ 108 \\ \hline 1296 \end{array}$	$\begin{array}{r} \times 1296 \\ 6 \\ \hline 7776 \end{array}$	$\begin{array}{r} 7776 \quad \quad 125 \\ \hline 750 \\ \hline 276 \\ -250 \\ \hline 260 \\ -250 \\ \hline 1000 \\ -1000 \\ \hline 0 \end{array}$	$\begin{array}{r} 32,24 \quad \quad 900 \\ \hline 2700 \quad \quad 3,58 \dots \\ \hline 5240 \\ -4500 \\ \hline 7400 \\ -7100 \\ \hline \dots \end{array}$

$a_0 = a_1 + a_2 = 9$ ММ КМ ← Облученная поверхность.

по III закону Кеплера:

$$\frac{T^2 \cdot (M_1 + M_2)}{T_{\oplus}^2 \cdot M_{\oplus}} = \frac{a_0^3}{a_{\oplus}^3}$$

\oplus - Земля
 \ominus - Сатурн

$T_{\oplus} = 360$ суток
 $M_{\oplus} = 2 \cdot 10^{30}$ кг
 $a_{\oplus} = 1 \text{ а. е.} = 150000000$ км

$$M_1 + M_2 = \frac{a_0^3 \cdot T_{\oplus}^2 \cdot M_{\oplus}}{a_{\oplus}^3 \cdot T^2}$$

$$= \frac{9^3 \cdot 10^{18} \cdot 360^2 \cdot 2 \cdot 10^{30}}{15^3 \cdot 10^{21} \cdot 3^2} = \frac{9^2 \cdot 10^{29} \cdot 36^2 \cdot 2}{15^3} = \frac{3^4 \cdot 10^{29} \cdot 36^2 \cdot 2}{5^3 \cdot 3^3} =$$

$$= \frac{3 \cdot 10^{29} \cdot 36^2 \cdot 2}{5^3} = \frac{3 \cdot 1296 \cdot 2}{125} \cdot 10^{29} = \frac{7776}{125} \cdot 10^{29} \approx 6,2 \cdot 10^{30} \text{ кг}$$

$M_1 \cdot a_1 = M_2 \cdot a_2$, по II закона Кеплера $\Rightarrow M_1 = \frac{M_2 \cdot a_2}{a_1}$

$$M_2 \neq \frac{M_2 \cdot a_2}{a_1} = 6,2 \cdot 10^{30} \text{ кг} \Rightarrow M_2 = \frac{6,2 \cdot 10^{30}}{\left(\frac{a_2}{a_1} + 1\right)} = \frac{6,2 \cdot 10^{30} \cdot 5,2}{3,8 + 5,2} =$$

$$= \frac{6,2 \cdot 10^{30} \cdot 5,2}{9} \approx 3,6 \cdot 10^9 \text{ кг}$$

$$M_1 = (6,2 - 3,6) \cdot 10^9 = 2,6 \cdot 10^9 \text{ кг}$$

$$\eta = \frac{f}{A^H} = 20 \text{ мк}$$

$$\frac{L}{L_0} = \left(\frac{M}{M_0} \right)^4$$

$\begin{array}{r} 1,3 \\ \times 1,3 \\ \hline 3,9 \\ + 13 \\ \hline 1,69 \end{array}$	$\begin{array}{r} 1,69 \\ \times 1,69 \\ \hline 1521 \\ + 1014 \\ \hline 2,8561 \end{array}$	$\begin{array}{r} 1,8 \\ \times 1,8 \\ \hline 144 \\ + 18 \\ \hline 3,24 \end{array}$	$\begin{array}{r} 3,24 \\ \times 3,24 \\ \hline 1096 \\ + 648 \\ \hline 10,4976 \end{array}$
---	--	---	--

$$L_1 = \left(\frac{2,6}{2} \right)^4 L_0 = 1,3^4 \cdot L_0 = 2,8561 L_0 \approx 2,9 L_0$$

$$L_2 = \left(\frac{3,6}{2} \right)^4 L_0 = 1,8^4 \cdot L_0 = 10,4976 L_0 \approx 10,5 L_0$$

~~no~~

$$L_{\max} = L_1 + L_2$$

$$L_{\min} = L_2 - L_1$$

по формуле Ломона $M_0 = 5^m$

$$\frac{L_1 + L_2}{L_0} = 2,512^{M_0 - M_{\max}}$$

$$\frac{L_2 - L_1}{L_0} = 2,512^{M_0 - M_{\min}}$$

$$M_{\max} = M_0 - 2,5 \lg \left(\frac{L_1 + L_2}{L_0} \right) \quad M_{\min} = M_0 - 2,5 \lg \left(\frac{L_2 - L_1}{L_0} \right)$$

$$M_{\max} = 5 - 2,5 \cdot \lg(13,4) \quad M_{\min} = 5 - 2,5 \cdot \lg(7,6)$$

$$M_{\max} = 2,25^m$$

$$M_{\min} = 3^m$$

$$m_{\max} = 2,25 - 5 + 5 \cdot \lg 20$$

$$m_{\min} = 3 - 5 + 5 \cdot \lg 20$$

$$m_{\max} = -2,75 + 6,5 = 3,75^m$$

$$m_{\min} = -2 + 6,5 = 4,5^m$$

$$\begin{array}{r} 2,5 \\ \times 1,1 \\ \hline 2,5 \\ + 25 \\ \hline 2,75 \end{array} \quad M = m + 5 - 5 \lg 4$$

$$\begin{array}{r} m = M - 5 + 5 \lg 4 \\ \times 1,3 \\ \hline 5 \\ \hline 6,5 \end{array}$$

Дискрет. $2,6 \cdot 10^{30}$ нл, $3,6 \cdot 10^{30}$ нл; 3 сума, 9000000 нл; $\frac{14}{43}$; $3,75^m$; $4,5^m$
 сумар. 4