

Пункт проведения:	Минск, Беларусь	Код участника:	Мин-07	№ задачи:	1
-------------------	-----------------	----------------	--------	-----------	---

Для начала и распишем формулы, которые понадобятся для решения первой части задачи. Из графиков лет можем измерить радиус орбиты и перицентростремительные скорости для каждой звезды. Орбитальный период можно найти вдоль орбиты из графиков: $P \approx 3,2$ суток. Скорости в апо- и перицентрах представим в таблице по рисункам.



Ситуации, описанные в задаче

Для скорости в апо- и перицентрах можно записать

формулу энергии звезды (выберем $\gamma = 300$):

$$\left(\frac{Mv^2}{2} - \frac{GMm}{r} = -\frac{GMm}{2a} \right)$$

$$v_{A1} = \sqrt{\frac{6(M_1+M_2)}{a_1}} \sqrt{\frac{1-e_1}{1+e_1}} \quad \text{где } a_1 - \text{полуось орбиты } z_1, e_1 - \text{ее эксцентриситет.}$$

$$v_{P1} = \sqrt{\frac{6(M_1+M_2)}{a_1}} \sqrt{\frac{1+e_1}{1-e_1}} \quad \text{Порядок (1) и (2) для}$$

каждой звезды, получим: $\frac{v_{P1}}{v_{A1}} = \frac{1+e}{1-e} = \text{Отношение скоростей}$

Пар.	1	2
v_A	$131 \frac{\text{км}}{\text{с}}$	$94 \frac{\text{км}}{\text{с}}$
v_P	$62 \frac{\text{км}}{\text{с}}$	$76 \frac{\text{км}}{\text{с}}$
e	$0,5$	$0,14$
a	$2 \cdot 10^5 \text{ км}$	$1,5 \cdot 10^5 \text{ км}$
M	$0,15 M_\odot$	$0,1 M_\odot$
M		

Эксцентриситет каждой орбиты, результаты вычисления в таблице. Для каждой

из звезд также измерим $\langle v_{cp} \rangle$. Для этого найдем отношение площади покрываемой за период и найдем точку, которая делит его пополам. (См. график)

Для гр. 1: $S_{полн} = S_{\Delta_1} + S_{\Delta_2} + S_{шаровидн_3}$; Для гр. 2: $S_{полн} = S_{шаровидн_4} + S_{\Delta_5}$.

Порядок точек, для двух звезд (примеры) $\langle v_1 \rangle \approx 95 \frac{\text{км}}{\text{с}}$; $\langle v_2 \rangle \approx 80 \frac{\text{км}}{\text{с}}$.

Для средних скоростей верно соотношение: $\langle v_1 \rangle = \frac{2\pi a_1}{P}$; $\langle v_2 \rangle = \frac{2\pi a_2}{P}$.

Из этого находим: $a_1 \approx 4200000 \text{ км}$, $a_2 \approx 3600000 \text{ км}$. Таким образом, большая полуось

систем: $a = a_1 + a_2 \approx 3500000 \text{ км} + 8400000 \text{ км}$

Пункт проведения:	Минск, Беларусь	Код участника:	Мин-07	№ задачи:	1
-------------------	-----------------	----------------	--------	-----------	---

Отноительно центра масс можно также заметить, что $M_1 a_1 = M_2 a_2 \Rightarrow$

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{a_2}{a_1} = 0,75 \Rightarrow M_1 = 0,75 M_2. \text{ Прямой обобщенный закон Кеплера имеет:}$$

$$M_1 + M_2 = \frac{4\pi^2 a^3}{6P^2} \text{ Выразим } M_1 \text{ и } M_2 \text{ в } M_0, \text{ а - в а.е. п. в. в годах,}$$

$$\text{получим: } 1,75 \frac{M_2}{M_0} = \left(\frac{350000}{150000000} \right)^3 \cdot \left(\frac{365,25 \cdot 24}{3,2} \right)^2$$

Получим: $M_2 \approx 2,8 M_0, M_1 \approx 2,1 M_0$. Для звезд Г17:

$$\frac{L}{L_0} = \left(\frac{M}{M_0} \right)^4 \text{ По формуле Погсона, } \frac{L}{L_0} = 10^{0,4(M - M_{\odot})}, \text{ где } M - \text{ зв. величина}$$

$$0,4(M_0 - M) = 4 \lg \frac{M}{M_0} \Rightarrow M = M_0 - 10 \lg \frac{M}{M_0}$$

$$M_0 \approx 4,8^m, M_1 \approx 2,7^m, M_2 \approx 3^m. \text{ Знак паралакса } \mu = 0,05''$$

$$\text{Величина расстояния до звезд: } r = \frac{1}{\mu} = 20 \text{ пк.}$$

$$M = m + 5 - 5 \lg r \Rightarrow m = M - 5 + 5 \lg r. \text{ } M_1 \approx 3,9^m, M_2 \approx 4,2^m. \text{ Поскольку обе звезды}$$

похожи друг на друга, то в процессе вращения одна будет перекрывать другую. В этот момент будет происходить минимал яркости.

$$\text{Сравним потоки от звезд с Солнцем: } \frac{E_{\max}}{E_0} = 10^{0,4(M_0 - m_{\min})}$$

$$\frac{E_{\min}}{E_0} = 10^{0,4(M_0 - m_{\max})}$$

Пункт проведения:	Минск, Беларусь	Код участника:	Мин-07	№ задачи:	1
-------------------	-----------------	----------------	--------	-----------	---

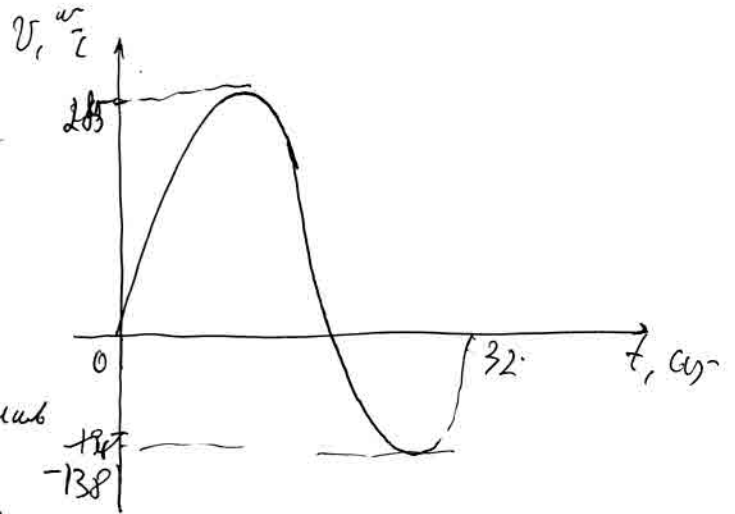
$$E_{\max} = E_1 + E_2 \approx 2E_1. \quad E_{\min} \approx E_1. \quad \frac{E_1}{E_0} = 10^{0.4} (M_0 - M_1) \quad \text{Получим обратн.}$$

Для минимума: $M_{\min} \approx M_1 \approx 2.8 M_{\odot}$. Для максимума: $M_{\max} \approx 3.5 M_{\odot}$

Для нахождения экваториального радиуса полной орбиты мы сможем

графиче функции и получить того пороге не суд. График:

Может ли процесс и аналогично:



$$\frac{v_{\text{пр}}}{v_A} \approx 2 = \frac{1+e}{1-e} \Rightarrow e \approx \frac{1}{3}$$

Вообще, способ строить график

можно было использовать еще

в самом начале. Может ли мы найти массу a и e . Но затем

для поиска масс далекой звезды вайртов обратимся к орбитальным

параметрам. При таком способе сможем мы получить $a \approx 2700000 \text{ м}$,

$$\left(\text{т.к. } v_A = \frac{2\pi a}{P} \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \right)$$

это не сильно отличается от полученного

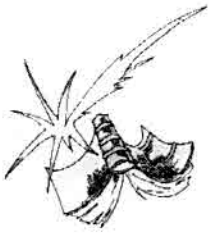
В результате ~~мы~~ на конечный результат влияют погрешности измерения

скорости ($\sim 12.5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, по общей цене деления имеют), также (изначально)

показания, не флуктуирует при измерении параллакса и зв. расстояния. В целом

результат приемлем с погрешностью $\sim 4-5\%$.

Ответ: $P = 3.2$ суток; $M_1 = 2.8 M_{\odot}$; $M_2 = 2.1 M_{\odot}$; $e \approx \frac{1}{3}$; $M_{\min} = 2.8 M_{\odot}$; $M_{\max} = 3.5 M_{\odot}$.

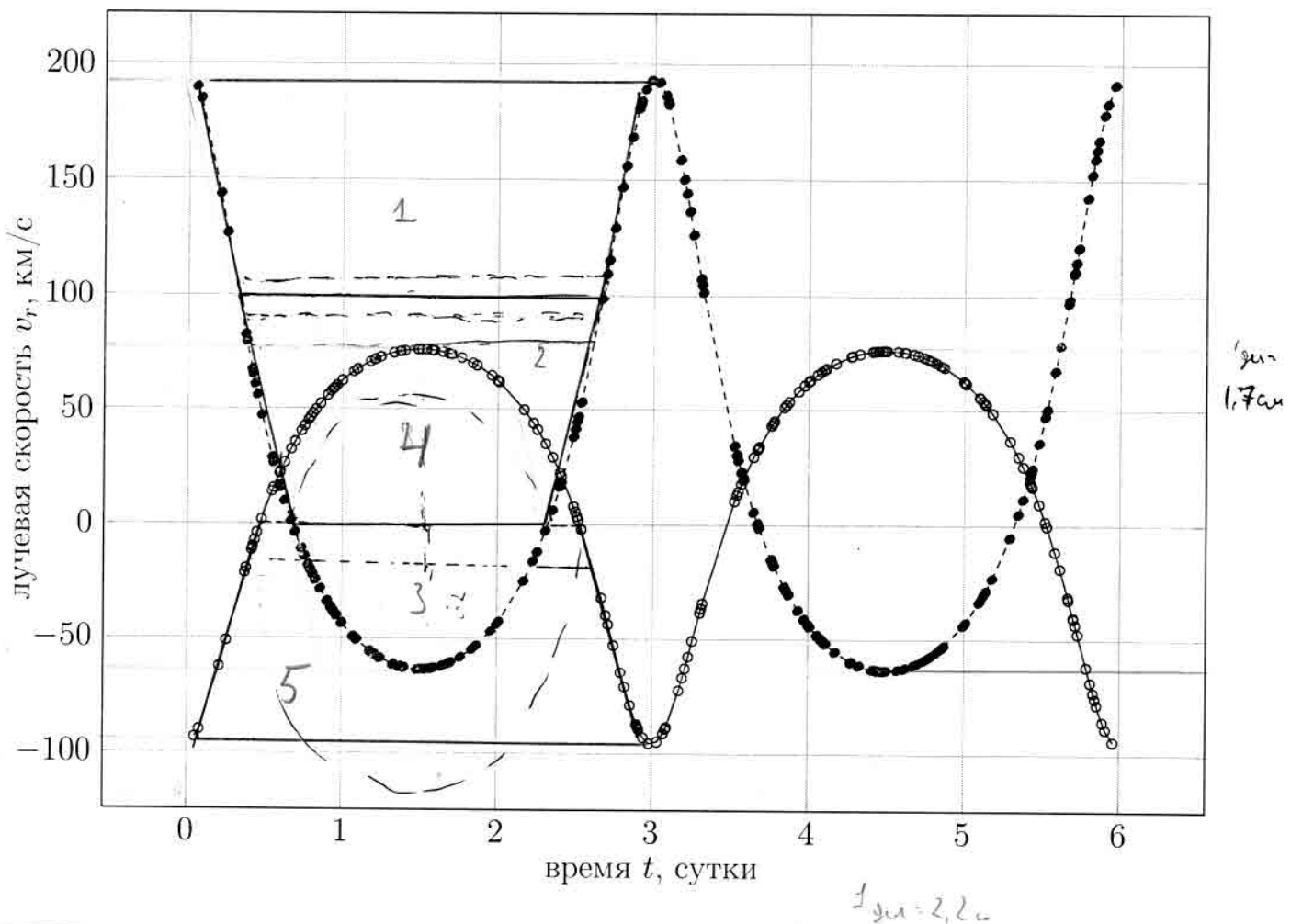


XXIX Санкт-Петербургская
астрономическая олимпиада
практический тур

2022
13
марта

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 минимумах блеска. Годичный параллакс системы равен $\pi = 0''.05$, звезды считайте сферически симметричными, эффектами прогрева и потемнения диска к краю можно пренебречь.



Решения задач и результаты олимпиады будут размещены на сайте

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