

# Решение

1) Полное собственное движение (без поправки  $\cos \delta$ , тк звезда около небесного экватора):  $\mu = \sqrt{\mu_\alpha^2 + \mu_\delta^2} = 0,24$   
 $\mu_\alpha^2 \approx 0$ , тк  $\mu_\alpha \ll \mu_\delta$

Тангенциальная скорость звезды:

$$v_{\text{тан}} = 4,74 \left( \frac{\mu \cdot \text{рас}}{\text{парсек}} \right) = 4,74 \cdot \mu \cdot \text{рас} = 147,888 \frac{\text{км}}{\text{с}} \approx 148 \text{ км/с}$$

2) L-уголная глина хвоста

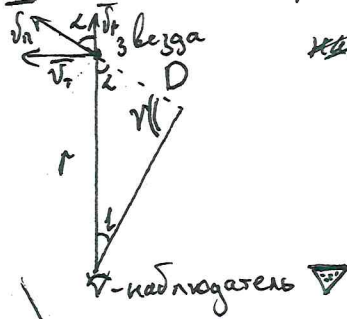
хвост загибает приближительно  $d_0 = 17 \text{ сА}$  при длине рисунка  $d = 18 \text{ см}$ .

Тогда глина хвоста

$$l = l_0 \frac{d_0}{d}, \text{ где } d_0 \text{ - угловой размер рисунка}$$

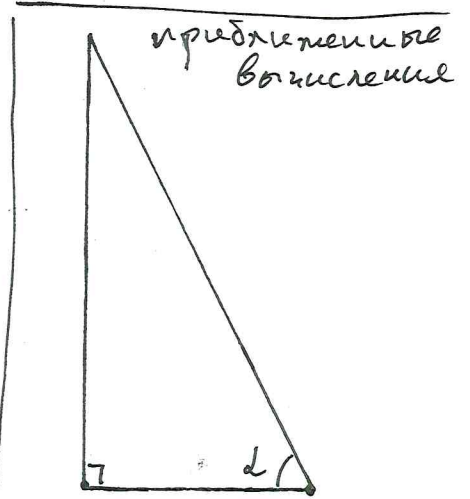
$$l = 2^\circ \cdot \frac{17}{18} \approx 1,89^\circ$$

$$\gamma = 180^\circ - l - l \approx 176,1^\circ$$



~~направление движения рож не играет (по чпу против delta)~~

$$d = a \text{ ctg} \frac{v_\tau}{v_r} = a \text{ ctg} \frac{148}{64} \approx a \text{ ctg} 2,06 \approx 64^\circ$$



прямоуг. д с катетами, относящимися как 1:2

$$\text{tg } d = 2$$

$$d \approx 64^\circ \pm 1^\circ$$

погрешность

$$\Pi = \frac{1}{64} \cdot 100\% = 1,56\%$$

$$\sin l \approx l \text{ рад} = \frac{1,89 \cdot \frac{\pi}{180}}{206265} \approx \frac{1,89}{57,3} = 0,033$$

$$\sin \gamma = \sin(180 - \gamma) = \sin 65,9 \approx \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0,866$$

3) по т. синусов; D - полная глина хвоста

$$\frac{D}{\sin l} = \frac{r}{\sin \gamma}$$

$$D = r \frac{\sin l}{\sin \gamma} = \frac{130 \text{ пк} \cdot 0,033}{0,866} = \frac{130 \cdot 33}{866} \approx 4,954 \text{ пк}$$

$$4) v_n = \sqrt{v_\tau^2 + v_r^2} \approx 160 \text{ км/с}$$

5) t - время сброса самых ранних клочков

~~Достаточно плотная межзвездная среда будет сильно тормозить газ, и максимальная скорость, с которой газ может покинуть звезду (скорее всего красный гигант), радиус~~

см. оборот!

5) Диаметр внешних областей системы звезды на рисунке - 1 см  
 Угловой диаметр - 1 см  $\cdot \frac{20}{180} = 0,1111^\circ$ ; угловой радиус  $\approx 0,055^\circ$ ; реальный радиус -  $R = \approx 2 \approx 200 \cdot 130 \text{ пк} = 26000 \text{ а.е.}$

В-во "сдувается" и из внутренних областей, потому прием характерное расстояние от звезды до частиц равным  $R_2 = 15000 \text{ а.е.}$  Вторая космическая на таком расстоянии

$$v_2 = v_{23} \cdot \frac{\sqrt{1,3}}{\sqrt{15000}} \approx 0,42 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$v_{23}$  - 2 косм. скорость для тела на орбите Земли.

Тогда, тк скорость газа, покидающего систему, не должна сильно уменьшиться, можно сказать, что далёкие, едва размытые облачка хвоста двигались равномерно и почти остановились.

Тогда расстояние, которое они прошли:  $L_x = v_{23} \cdot \frac{v_{\text{пл}} t}{2}$

$$L_{3b} - L_x = D$$

$$v_{\text{пл}} t - \frac{v_{\text{пл}}^2 t}{2} = D ; t - \text{время сброса внешних слоёв}$$

$$t = \frac{2D}{v_{\text{пл}}} = \frac{2 \cdot 4,954 \cdot 3 \cdot 10^{13} \text{ км}}{160 \text{ км/с}} \approx 2 \cdot 10^{12} \text{ с} = 6 \cdot 10^4 \text{ лет} = 2,5 \cdot 10^2 \text{ сут} = 7 \cdot 10^4 \text{ лет казах}$$

\* - под действием только сил давления газа, гравитация звезды с расстоянием убывает как  $r^{-2}$

~~Вывод~~

6)  $M_{\text{пл}} = t \dot{M} \approx 2,1 \cdot 10^{-2} M_{\odot}$  - при условии равномерности  $\dot{M}$ , которая обесценивается равномерностью

7) Сбрасывают в-во в таком кол-ве только скорости звезды.

красные гиганты, в купе с координатами (под эклиптической, созвездиями Овен или Телец)

мы получаем явное наизгата - Муру Кита.

8) Сила ~~гравитации~~ <sup>давления</sup>, действующая на частицу:

$$F = \sigma r = \frac{\sigma \rho v^2}{2}, \text{ а - ускорение, создаваемое ей}$$

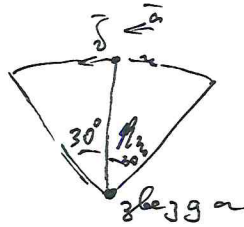
$a = \frac{\sigma \rho v^2}{2m_4}$  Красный гигант сбрасывает верхние слои, в которых много достаточно тяжёлых элементов и даже молекул (оксиг Тити

8. Продолжение.

Примем характерный размер частицы  $3 \text{ \AA}$ , а массу - за  $20 \text{ mp}$

9. рассмотрим частицу, ~~движущуюся неподвижно от звезды~~ на расстоянии  $R_1$  от нее движущуюся по круговой орбите вокруг звезды на расстоянии  $R_2$  от нее

$$v_2 = \sqrt{\frac{GM}{R_2}}$$



Чтобы покинуть систему, ей нужно набрать скорость  $v_2 = \sqrt{\frac{GM}{R_2}}$

добавка:  $\Delta v = (\sqrt{2} - 1) v_2 = \Delta v t$

$\Delta t$  - время прохода участка от  $45^\circ$  до  $30^\circ$ , где направление скорости и ускорения отличаются несильно

$$\Delta t = \frac{\pi}{3} \sqrt{\frac{R_2^3}{GM}} = \frac{\pi}{3} \frac{R_2}{v_2} = \frac{15000 \cdot 1.5 \cdot 10^8 \text{ км}}{0.3 \text{ км/с}} = 75 \cdot 10^4 \text{ с} \Rightarrow \Delta t \text{ - время сброса хвоста.}$$

Метод очень спорный

Воспользуемся другим

10. За  $\Delta t$  год сброса звезда потеряла  $M = 3 \cdot 10^{-7} M_\odot$ , которые разошлись по площади примерно с площадью поперечного сечения звезды (радиус красного гиганта  $\sim 1 \text{ а.е.}$ )

Тогда сила давления совершила работу, остановившую  $\Delta v$  в-во за ~~то~~ время  $t$ :

$$\frac{M \Delta v^2}{2} = F D = p S D = \int \frac{\rho v^2}{2} S D \quad v = \frac{v_2}{2}$$

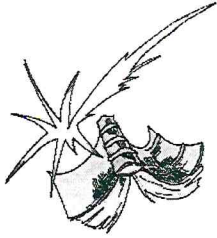
$$\rho = \frac{4M}{SD} \approx \frac{4 \cdot 3 \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}}{4(1.5 \cdot 10^{11})^2 \text{ м}^2 \cdot 50 \cdot 10^6 \text{ м}} =$$

$$= \frac{4 \cdot 2}{2.25 \cdot 15} \cdot \frac{10^{23}}{10^{38}} = 2.5 \cdot 10^{-16} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \text{ - оценка вблизи красной звезды}$$

Ответ: Мира Кита,  $t = 7 \cdot 10^4$  лет;  $D = 4.35 \text{ гик}$ ;  $M = 0.021 M_\odot$ ;  $\rho \approx 2.5 \cdot 10^{-16} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$



Листочек ЖуК-17



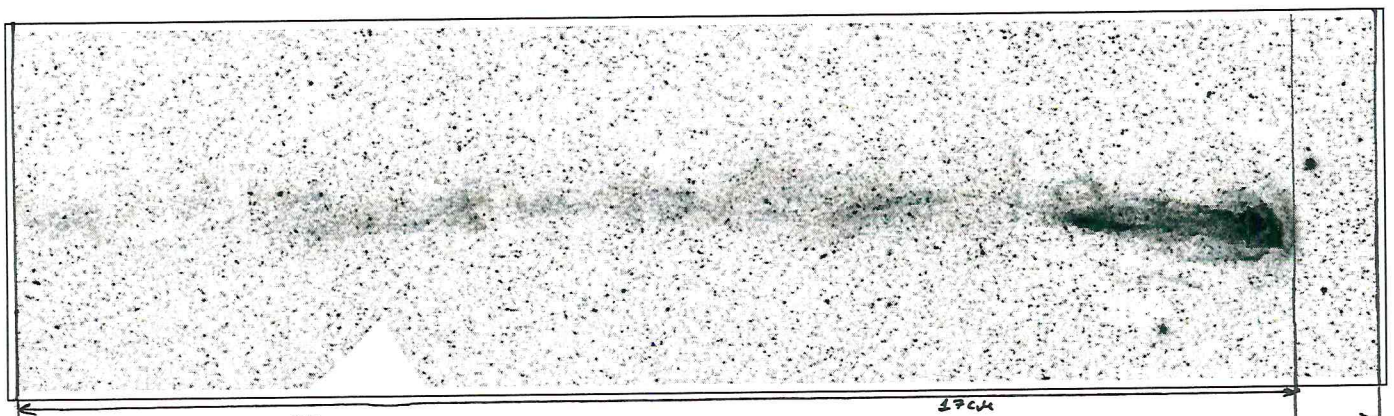
XXIX Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
практический тур

2022  
13  
марта

10 класс

Вам дано изображение некоторой звезды (и ее «хвоста» из выброшенного вещества), полученное телескопом GALEX в ультрафиолетовом диапазоне. Полный размер снимка по горизонтали составляет  $2^\circ$ . В таблице приведены разные данные о звезде (экваториальные координаты, компоненты собственного движения, расстояние, лучевая скорость, масса звезды, темп потери массы). Определите, когда были сброшены самые ранние видимые клочки вещества звезды, пространственную длину хвоста, полную наблюдаемую массу хвоста, плотность неподвижного межзвездного газа, считая, что звезда двигалась прямолинейно и равномерно. Что это за звезда?

$\alpha$	$\delta$	$\mu_\alpha$ "/год	$\mu_\delta$ "/год	$r$ , ПК	$v_r$ , км/с	$M$ , $M_\odot$	$\dot{M}$ , $M_\odot/\text{год}$
$2^h 20^m$	$-3^\circ$	0.009	-0.24	130	64	1.3	$3 \times 10^{-7}$



Давление  $p$  набегающего со скоростью  $v$  потока газа плотности  $\rho$  вычисляется как  $p = \frac{\rho v^2}{2}$ .

Решения задач и результаты олимпиады будут размещены на сайте

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



3/23/24 - Mya Kuma

$$p = \sqrt{\frac{v}{2}}$$

$$l = 20$$

$$3,6 \cdot 10^3 \cdot 2,4 \cdot 10^3 \cdot 4,74 \cdot 0,24 \cdot 130 =$$

$$10^6 \cdot 3,6 \cdot 2,4 \cdot 3,65$$

$$\begin{array}{r} 4,74 \\ 0,24 \\ 1,896 \\ 948 \\ 1,1376 \\ 130 \\ 34128 \\ 11376 \\ 147,8880 \end{array}$$

$$\sqrt{0,24^2 + 0,009^2}$$

$$\begin{array}{r} 0,24 \\ 0,009 \\ 0,0081 \\ 0,00081 \end{array}$$

$$\frac{148}{64} = \frac{74}{32} = \frac{37}{16} = \frac{28,5}{8} = \frac{9,25}{2} = 4,125 = 2,06025$$

$$\begin{array}{r} 17,000 \overline{) 9} \\ - 9 \\ \hline 80 \\ - 72 \\ \hline 8 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 25,000 \overline{) 16} \\ - 16 \\ \hline 90 \\ - 80 \\ \hline 100 \\ - 96 \\ \hline 40 \end{array}$$

$$\frac{0,5}{18} = \frac{x}{2}$$

$$x = \frac{0,5}{9}$$

$$\begin{array}{r} 1,89000 \overline{) 573} \\ - 1719 \\ \hline 1710 \\ - 1146 \\ \hline 5640 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 573 \\ 3 \\ 1719 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 0,5000 \overline{) 9} \\ - 0,45 \\ \hline 0,0555 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 33 \\ 130 \\ 99 \\ 33 \\ 42900 \\ 866 \\ \hline 3464 \\ - 8260 \\ \hline 7794 \\ 4660 \\ - 4330 \\ \hline 3300 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 866 \cdot 4 = \\ 3484 \\ 4290 \\ 3464 \\ 826 \\ \hline 8660 - 866 \\ 866 \\ 7794 \end{array}$$

$$\sqrt{26300} =$$

$$= 10\sqrt{263} \approx 160 \frac{km}{c}$$

$$\begin{array}{r} 16 \\ 16 \\ 225 + 30 + 1 = 256 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 148 \\ 148 \\ 4 \end{array}$$

$$64^2 = (60+4)^2 =$$

$$= 3600 + 480 + 16 = 4096$$

$$\begin{array}{r} 22204 \\ 26300 \end{array}$$

$$(150-2)^2 = 150^2 - 2 \cdot 150 + 4 =$$

$$= 22500 - 300 + 4 =$$

$$= 22204$$

$$\sqrt{2} = \sqrt{23} \cdot \sqrt{1,3} =$$

$$42 \cdot 1,15 = 48,3 \frac{km}{c}$$

$$\begin{array}{r} 115 \\ 42 \\ 230 \\ 460 \\ 4830 \end{array}$$

$$2500 \overline{) 365}$$

$$\begin{array}{r} 0,0085 \\ 0,055 \\ 3600 \\ 330 \\ 165 \\ 198000 \\ 33 \\ 365 \\ 6 \\ 2196 \\ 365 \\ 2561 \end{array}$$

