

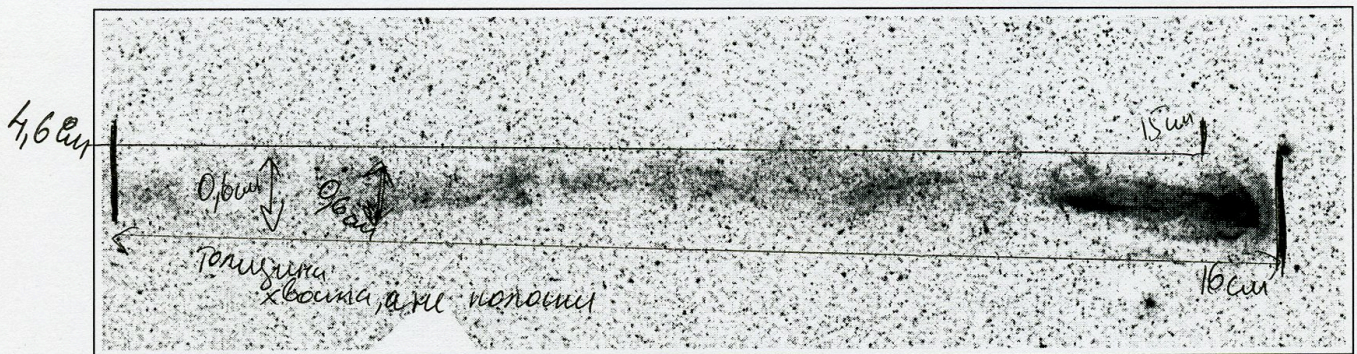
**XXIX Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада**  
практический тур

**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 (экуаториальные 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>

миллирад

$\alpha^0 - 17 \text{ см}$   
 $x^0 - 4,6 \text{ см}$   
 $x = 0,54^0$

$$x = \frac{2 \cdot 4,6}{17} = \frac{9,2}{17}$$

$$\begin{array}{r|l} 9,2 & 17 \\ \hline 85 & 0,541 \\ \hline 70 & \\ \hline 68 & \\ \hline 20 & \end{array}$$

$\delta = -3^0$   
 $\alpha = 2^h 20^m = 15 \cdot 2 + \frac{15}{3} = 35^0$

по кабу на часике звезда  
 просвистывает на 16 см

$\mu\alpha = 0,009$   
 $\mu\delta = -0,24$   
 $r = 130 \text{ пк}$

$$\frac{16}{x} = \frac{17}{2}$$

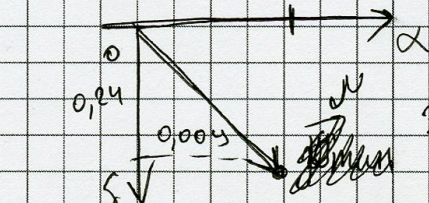
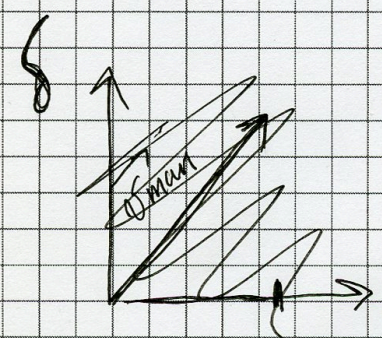
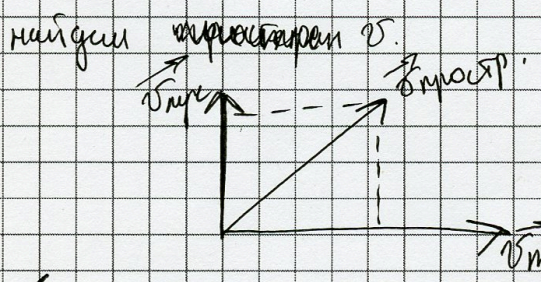
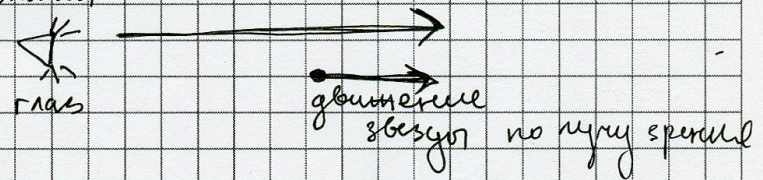
$x = \frac{32}{17}$   
 $x \approx 1,87^0$

$$\begin{array}{r|l} 32 & 17 \\ \hline 150 & 1,87 \\ \hline 156 & \\ \hline 140 & \\ \hline 129 & \\ \hline 110 & \end{array}$$

$v_{\text{лун}} = 64 \text{ км/ч}$   
 $M = 1,3 M_{\odot}$

оптимальный угол  $\delta = -3^0$ , значит для простоты расчетов  
 возьмем  $0^0 \Rightarrow \cos 0^0 = 1$ , т.е. звезда лежит на экваторе.  
 осталось найти скорости и их компоненты.

уг- лучевая, она бес "и", значит



$$\begin{array}{r} 24 \\ 24 \\ \hline 96 \\ 48 \\ \hline 576 \end{array}$$

это будет общая амплитуда

$$v_{\text{общ}} = \sqrt{0,0576 + 0,000081} = \sqrt{0,057681}$$

$v_{\text{общ}} = 0,241 \text{ ''/год}$

$$\begin{array}{r} 0,241 \\ 0,241 \\ \hline 964 \\ 482 \\ \hline 57081 \end{array}$$

$$v_{max} = 4,74 \frac{N''}{\pi''}$$

$$r = \frac{1}{\pi} \Rightarrow \pi = \frac{1}{130}$$

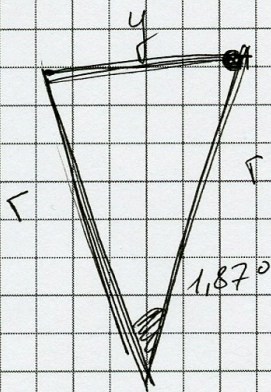
$$v_{max} = 4,74 \cdot \frac{241 \cdot 130}{1000} = \frac{4,74 \cdot 241 \cdot 130}{100} = 2,41 \cdot 13 \cdot 4,74 = 31,33 \cdot 4,74$$

241	3133
13	4,74
723	12532
241	21931
31,33	12532
	148,5042

$$v_{max} = 148,5 \text{ км/с} \approx 149 \text{ км/с}$$

$$v_{\text{упр}} \text{ амплитуда} = v_{\pi} = \sqrt{v_r^2 + v_{max}^2} = \sqrt{149^2 + 64^2} = \sqrt{26297} \approx 163 \text{ км/с}$$

149	64
149	64
341	256
596	584
149	4096
22201	163
4096	163
26297	489
	978
	163
	26589



$$\cos 1,87^\circ \approx 1, \text{ но } \cos 1,87 = \frac{y}{r}$$

$$\sqrt{1 - \sin^2 1,87}$$

$$\sqrt{0,998911} =$$

$$x = \frac{1,87}{57} \quad \frac{187005700}{171000328} \approx 0,033 \Rightarrow 0,033^2 = 0,001089, \text{ но } 0,001089$$

$$\cos 1,87^\circ = 1$$

$$\begin{array}{r} 33 \\ 33 \\ \hline 99 \\ 99 \\ \hline 1089 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1000000 \\ 0001089 \\ \hline 0,998911 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 999 \quad 169 \\ 999 \quad 2 \\ \hline 8991 \quad 338 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 8991 \\ 6991 \\ \hline 0,997001 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 577 \\ 577 \\ \hline 399 \\ 285 \\ \hline 3249 \end{array}$$

$$y^2 = r^2 + r^2 - 2r \cdot r \cdot \cos 1,87$$

$$y^2 = 16900 \cdot 2 - 2 \cdot 16900 \cdot 0,999$$

$$y^2 = 33800 \cdot 0,001$$

$$y = \sqrt{\frac{33800}{1000}} = \sqrt{33,8} \approx 5,8 \text{ нм}$$

$$\begin{array}{r} 5,8 \\ 5,8 \\ \hline 464 \\ 290 \\ \hline 3364 \end{array}$$

$\mu$  макс:  $y = 5,8 \text{ ГГц}$   
 $v = 163 \text{ км/с}$

$t = \frac{y}{v}$

$1 \text{ нм} = 2 \cdot 10^5 \text{ а.е.} = 2 \cdot 10^5 \cdot 1,5 \cdot 10^8 \text{ нм}$

$t = \frac{5,8 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 1,5 \cdot 10^8 \text{ нм}}{163 \text{ км/с}} = \frac{5,8 \cdot 2 \cdot 10^{13} \cdot 1,5}{163} \text{ с} = \frac{17,4 \cdot 10^{13}}{163} \text{ с} \approx 10^{12} \text{ с}$  (групповая скорость)

$1 \text{ с} = \frac{1}{3600} \text{ ч}$

$1 \text{ км} \approx 86400 \text{ с}$

$t \text{ с} = \frac{1}{86400} \text{ ч}$   
 $\times 3,8$   
 $\frac{3}{17,4}$

$t = \frac{10^{10}}{86400} = 1,1 \cdot 10^7 \text{ ч} = 3 \cdot 10^4 \text{ лет}$

$\begin{array}{r} 1000 \overline{) 864} \\ 864 \overline{) 11} \\ \hline 1360 \end{array}$        $\begin{array}{r} 1100 \overline{) 1365} \\ 1100 \overline{) 265} \end{array}$

Ответ: Замысел не найден.

~~Длина волны  $\lambda = 5,8 \text{ ГГц}$~~

в год терять  $3 \cdot 10^{-7}$ , за  $3 \cdot 10^4$  лет -

0,009 Мб

$\frac{1 \text{ год}}{3 \cdot 10^{-7}} = \frac{3 \cdot 10^4}{x}$

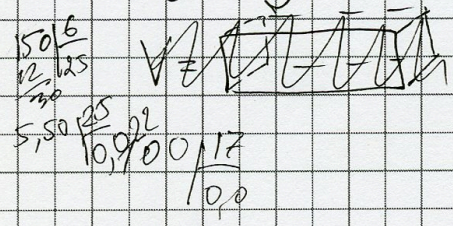
$x = 3 \cdot 10^4 \cdot 10^{-7} \cdot 3 = 3 \cdot 10^{-3} = 0,003 \text{ Мб}$

потеряна  $\Rightarrow$  хвал

$P = \frac{\rho v^2}{2} \Rightarrow \rho \cdot 2 = \rho v^2 \Rightarrow \rho = \frac{2P}{v^2}$

$P = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S}$

$S \geq 0,6 \text{ м} \cdot 1,5 \text{ м} = 9 \text{ м}^2$



$\frac{0,6 \text{ м}}{x} = \frac{17}{2}$

$x = \frac{12}{17} \approx \frac{15}{17}$

$S = \frac{4,2 \cdot 15}{17^2} = \frac{18}{17} \approx 1,05 \text{ м}^2$

$S \geq 5,5 \text{ ГГц} \cdot 0,022 \text{ ГГц} = 5,5 \cdot 0,022 \cdot 10^{10} \cdot 2,25 \cdot 10^{22} \text{ м} = 55 \cdot 2,2 \cdot 4,5 \cdot 10^6 \cdot 10^{22} \text{ м}^2$

$22 \cdot 55 \cdot 4,5 \cdot 10^{27} \text{ м}^2$

$M = 2 \cdot 10^{30} \cdot 0,9 \cdot 10^{-2} \Rightarrow P = \frac{2 \cdot 10^{30} \cdot 0,9}{10^{27} \cdot 55 \cdot 4,5 \cdot 2,2} = \frac{10^3 \cdot 1}{100 \cdot 55^2} = \frac{1000}{700 \cdot 55 \cdot 55} = \frac{80}{12100} \text{ Вт}$   
 $= \frac{80}{12100} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{с}^2} = \frac{8}{1210} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{с}^2}$

$$\rho = \frac{16 \cdot 10^{27}}{12 \cdot 10^{30}} = \frac{16}{1200} = \frac{4}{300}$$

$$\rho = \frac{4}{300} = 0.0133 = \frac{4}{3 \cdot 10^8 \cdot 163 \cdot 163} = \frac{4}{489 \cdot 10^8 \cdot 163} = \frac{1}{10^8 \cdot 163 \cdot 122} = \frac{1}{2 \cdot 10^{10}}$$

$$= 0,5 \cdot 10^{-10} \text{ кг/м}^3$$

$$\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{м}^3} = \frac{\text{кг}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}}$$

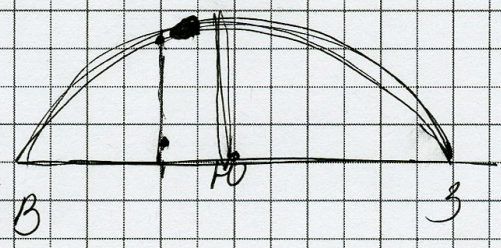
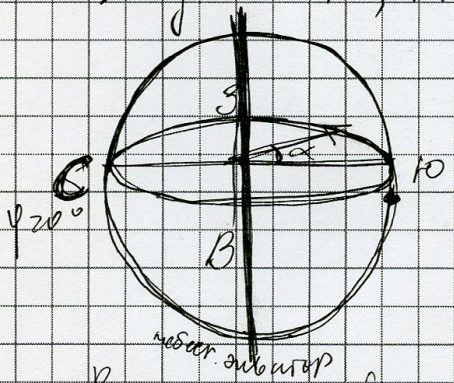
$$\frac{\text{кг}}{\text{с}^2 \cdot \text{м}^3}$$

Объем:

сброшено  $3 \cdot 10^4$  лет назад  
 длина хвоста  $\approx 5,5 \text{ ПК}$   
 массы хвоста  $\approx 0,009 M_{\odot}$   
 $\rho = 0,5 \cdot 10^{-12} \text{ кг/м}^3$

Что же за звезда?  $M_{zb} = (1,3 + 0,09) M_{\odot} \approx 1,3 M_{\odot}$

это белая звезда массы  $F$  (астро по массе) или  
 между массами  $(FG)$  была изначально, температура таких  
 звезд  $\approx 6000 \text{ К}$ ,  $R - 1,1 R_{\odot}$ . Летит звезда почти еще эволюция  
 в пределах  
 неясного эволюции



Возможно звезда принадлежит звездной популяции

Может быть эта звезда принадлежит звездной популяции  
 может быть эта звезда принадлежит звездной популяции  
 "улетит" в какое-то направление.