

Δ 01-015

Клоки вещества видно, начиная с самой левой части хвоста. Т.к. углы здесь очень маленькие, искривленным неб. сферы пренебрежем.

Найдём видимую угловую длину хвоста:

полная длина изображения: 18 см (соств. 2°)

длина хвоста: 17 см (с учётом области высокого давления).

$$\text{Угловое расстояние } \mu = \left(\frac{2}{18} \cdot 17\right)'' = \left(\frac{170}{18} \cdot 17\right)'' = \left(\frac{4200}{18} \cdot 17\right)'' = 6800''$$

Также найдём ^{полное} ~~суммарное~~ видимое движение звезды:

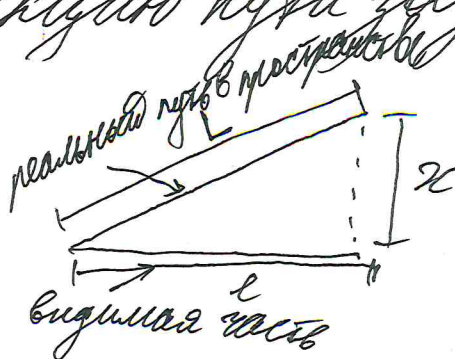
$$\mu = \sqrt{\mu_x^2 + \mu_y^2} = \sqrt{0,097681} \approx 0,241''/\text{год}$$

Тогда можно примерно найти время, которое звезда оставила за собой эту часть хвоста:

$$\tau \approx \frac{6800}{0,241} \approx \del{28000} 28000 \text{ лет.}$$

Также можно найти проекцию пути звезды, пройденного за это время:

$$l \approx \frac{v}{v_{\text{rad}}} \tau = \frac{6800}{2,06265} \cdot 130 \approx 4 \text{ пар.}$$



$\Delta 01-015$

Найдём π (то, насколько звезда удалилась вдоль луча зрения):

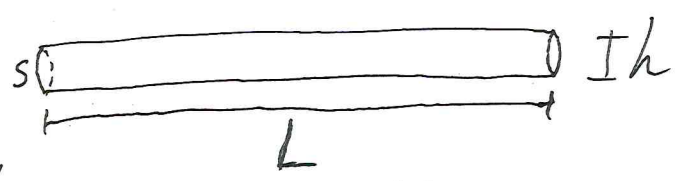
$$\pi = v_r \cdot t = 64 \cdot \frac{3,15 \cdot 10^7}{3,07 \cdot 10^{13}} \cdot 28000 \approx 64 \cdot 10^{-6} \cdot 28000 \approx 1,8 \text{ пк.}$$

Тогда можно найти истинную пространственную длину хвоста:

$$L = \sqrt{\pi^2 + l^2} = \sqrt{4^2 + 1,8^2} = \sqrt{19,24} \approx 4,4 \text{ пк}$$

Т.е., на данный момент известно, что самые ранние видимые точки вещества были сброшены около 28000 лет назад, а пространственная длина хвоста сост. примерно 4,4 пк.

Теперь рассмотрим наблюдаемую массу хвоста: вещество вылетает из звезды сферически симметрично (не считая область воз. давления), поэтому будем считать, что с достаточной точностью вещество распределено в виде цилиндра:



Определим r по фотографии, измерив его в нескольких местах и усреднив:

1 см; 1,3 см; 0,5 см; 0,9 см; 0,7 см.

Среднее значение получаем $\approx 0,9$ см.

Δ_{01-015}

Зная, что 18 км соств. 2° , найдём угловую величину

$$h: \varphi = \frac{0,9}{18} \cdot 7200 = 360''$$

Теперь можно выразить реальное значение h :

$$h = \varphi_{\text{rad}} \cdot r = \frac{360}{206265} \cdot 130 = \frac{46800}{206265} \approx 0,23 \text{ км.}$$

Найдём площадь сечения этого цилиндра:

$$S = \pi \left(\frac{h}{2}\right)^2 \approx 3 \cdot 0,12^2 = 0,43 \text{ км}^2$$

Объём цилиндра (видимой части вещества звезды): $V = S \cdot L = 4,4 \cdot 0,43 \approx 0,189 \text{ км}^3 =$

$$= 0,189 \cdot (3,04 \cdot 10^{16})^3 \text{ м}^3 \approx 0,189 \cdot 27 \cdot 10^{48} \text{ м}^3 \approx$$

$$\approx 5,1 \cdot 10^{48} \text{ м}^3.$$

Найдём массу вещества в этом цилиндре (массу, выброшенную за 28000 лет):

$$m = \tau \cdot \dot{M} = 28000 \cdot 3 \cdot 10^{-7} M_{\odot} = 8,4 \cdot 10^{-3} M_{\odot} = 8,4 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{30} \text{ кг} \approx$$

$$\approx 1,7 \cdot 10^{28} \text{ кг.}$$

~~Найти~~ найти плотность этого вещества:

$$\rho_{\text{вещ}} = \frac{m}{V} = \frac{1,7 \cdot 10^{28}}{5,1 \cdot 10^{48}} \approx 3 \cdot 10^{-21} \text{ кг/м}^3$$

Δ 01-015

Принято время разобратся с плотностью
межзвездного вещества.

Можно пойти через давление и данную формулу
из усл.:

$$P = \rho \frac{v^2}{2}, \quad \rho \text{ можно выразить в м/с:}$$

$$v = \frac{L}{\tau} = \frac{4,4 \cdot 3,07 \cdot 10^{13}}{28000 \cdot 3,15 \cdot 10^7} \approx 157 \text{ км/с} \approx 1,6 \cdot 10^5 \text{ м/с.}$$

Это скорость движения звезды в пространстве,
а значит, и скорость колебания неподвижного
газа.

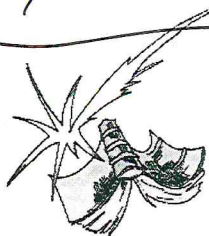
Давление со стороны звездного веще-ва равно
давлению со стороны межзвездного веще-ва.

Поэтому справедливо:

$\rho = \rho_{\text{вещ.2}}$, но $\rho_{\text{вещ.2}}$ — плотность веще-ва в области
их столкновения, т.е. должно быть $\rho_{\text{вещ.2}} \approx \rho_{\text{вещ.1}}$, воз-
можно на 1-2 порядка. Поэтому истинная плотность
примерно равна $\rho = 3 \cdot 10^{-19} \text{ м/м}^3$.

Ответ: 28000 лет назад; 4,4 км; $1,7 \cdot 10^{28} \text{ м}$; $3 \cdot 10^{-19} \text{ м/м}^3$.

Д 01-015



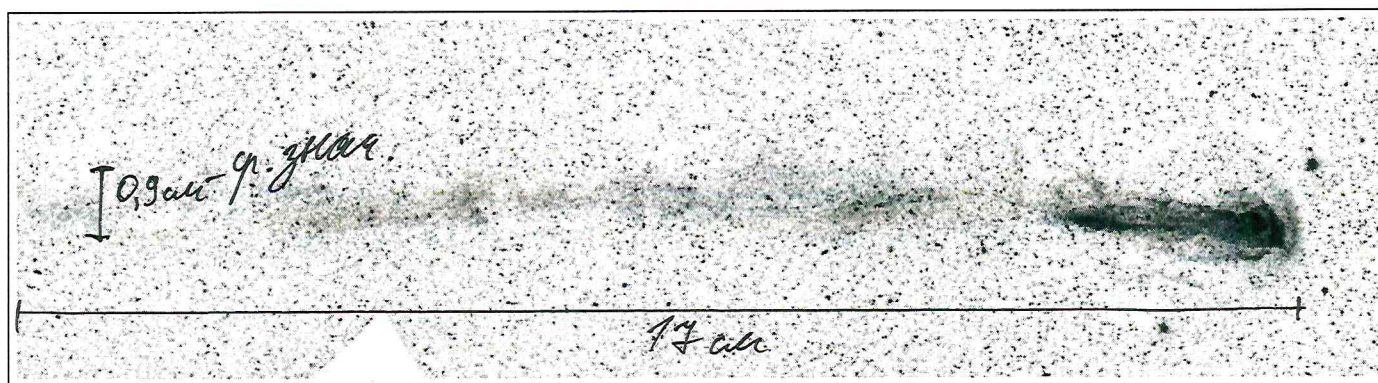
XXIX Санкт-Петербургская
астрономическая олимпиада
практический тур

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° . 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?

α	δ	μ_α "/год	μ_δ "/год	r , ПК	v_r , км/с	M , M_\odot	\dot{M} , $M_\odot/\text{год}$
$2^{\text{h}}20^{\text{m}}$	-3°	0.009	-0.24	130	64	1.3	3×10^{-7}



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

Решения задач и результаты олимпиады будут размещены на сайте

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

