



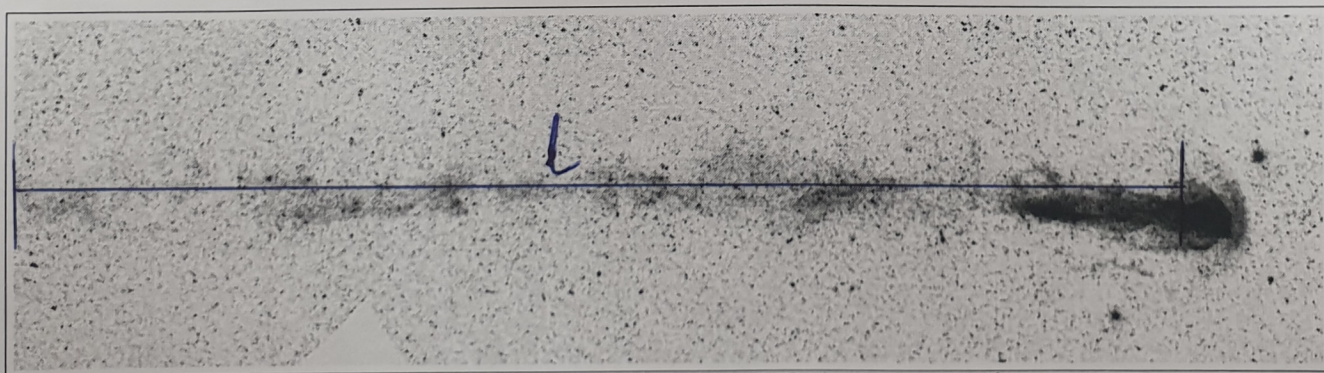
XXIX Санкт-Петербургская
астрономическая олимпиада
практический тур

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 (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?

α	δ	μ_α "/год	μ_δ "/год	r , пк	v_r , км/с	M , M_\odot	\dot{M} , $M_\odot/\text{год}$
$2^h 20^m$	-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>

Полное собственное движение:

$$\mu = \sqrt{\mu_d^2 + \mu_s^2}$$

$$\mu = \sqrt{81 \cdot 10^{-6} + 57600 \cdot 10^{-6}} = \sqrt{57681 \cdot 10^{-6}} \approx \sqrt{576 \cdot 10^{-4}} \approx 24 \cdot 10^{-2} \text{ ''/год}$$

Из обратных малых углов:

$$2'' \approx 1,71 \text{ см}$$

Угловой раз линейный размер хвоста на фотографии примерно 15,1

Значит его угловой размер:

$$\rho = 2'' \cdot \frac{15,1}{171} \approx 2 \cdot 0,88 \approx 1,76''$$

Это угловое расстояние, которое звезда прошла за время τ от крайнего левого конца вещества с собственной скоростью μ

$$\tau = \frac{\rho}{\mu}; \tau = \frac{1,76''}{24 \cdot 10^{-2} \text{ ''/год}} = \frac{1,76 \cdot 3600}{24 \cdot 10^{-2}} = \frac{1,76 \cdot 36 \cdot 10^3}{24 \cdot 10^{-1}} = 1,76 \cdot 15 \cdot 10^4 \text{ y}$$

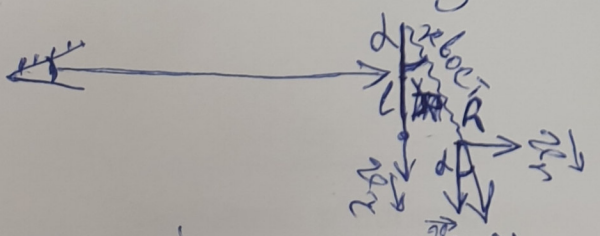
$$= 2,6 \cdot 10^4 \text{ y}$$

Самый ранний видимый конец вещества Брюссел около 26000^у лет. Расстояние до хвоста примерно равно расстоянию до звезды, поэтому проективный размер хвоста:

$$l = r \cdot \text{tg } \rho; \text{tg } \rho \approx \rho \text{ рад } (\rho \rightarrow 0)$$

$$l = 130 \cdot \frac{4,76''}{57,3''} \approx 130 \text{ пк} \cdot \frac{1,76}{60} \approx 0,03 \cdot 130 \text{ пк} = 3 \cdot 10^{-2} \cdot 13 \cdot 10^2 \text{ пк} = 39 \text{ пк}$$

Это только видимый размер хвоста, перпендикулярный лучу зрения. Хвост наклонен под углом α к перпендикуляру



$$\alpha = \arctg \frac{v_r}{v_z}$$

$$v_z = 4,74 \text{ км}$$

$$v_r = 4,74 \cdot 24 \cdot 10^{-2} \cdot 13 \cdot 10 \approx 144 \cdot 130 \cdot 10^{-2} = 14820 \cdot 10^{-2} \text{ км} \approx 148 \text{ км}$$

R - реальный размер хвоста

$$\text{tg } \alpha = \frac{64}{148} = \frac{8}{18,5} \approx 0,5$$

$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{1}{1 + \text{tg}^2 \alpha}}; \cos \alpha = \sqrt{\frac{1}{1 + 0,25}} = \sqrt{\frac{4}{5}} = \frac{2\sqrt{5}}{5} \approx \frac{2 \cdot 2,25}{5} \approx \frac{4,5}{5} = 0,9$$

$$R = 39 \text{ пк} \cdot \cos \alpha = 3,9 \text{ пк} \cdot \frac{9}{10} = 0,39 \text{ пк} \cdot 9 \quad R = \frac{L}{\cos \alpha}$$

$$R = \frac{3,9 \text{ ПК}}{0,9} = \frac{3,9 \cdot 10}{9} \text{ ПК} = \frac{3,9}{9} \text{ ПК} \approx 4,33 \text{ ПК}$$

СТА-05

лист: 03/03

Если звезда сбрасывает вещество равномерно, то масса наблюдаемого количества:

$$M_{\text{к}} = M \cdot \tau; \quad M - \text{масса потери массы}$$

$$M_{\text{к}} = 3 \cdot 10^{-7} M_{\odot} \cdot 26 \cdot 10^3 \text{ ч} = 7,8 \cdot 10^{-4} M_{\odot}$$

При сбросе вещества сила давления газа будет ρ должна быть больше или равна силе тяжести на звезде

$$F_{\text{T}} = F_{\text{g}}$$

$$G \frac{Mm}{R_z^2} = \rho S = \frac{\rho v^2 S}{2} \Rightarrow \rho = \frac{2GMm}{v^2 S R_z^2}$$

m - масса мгновенно сбрасываемого вещества

Давление газа действует со стороны, в которую движется звезда, на периметр:

$$S = 2\pi R_z^2 \cdot \rho = \frac{2GMm}{(v_r^2 + v_z^2) \pi R_z^3} = \frac{GMm}{(v_r^2 + v_z^2) \pi R_z^3}$$

M - масса звезды
 R_z - радиус звезды
 v - полная скорость звезды

Ответ: $\tau = 26000 \text{ ч}$; $R = 4,33 \text{ ПК}$; $M_{\text{к}} = 7,8 \cdot 10^{-4} M_{\odot}$