

Задача 5

С АР-8

$\delta = 69^\circ 20'$

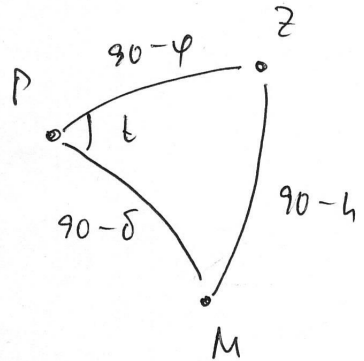
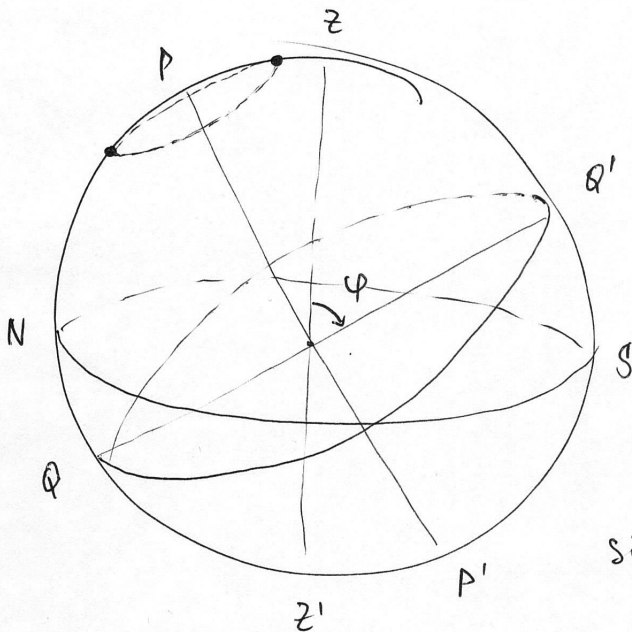
$\alpha = 11^h 31^m$

$m_0 = 3.8^m$

$m(t) = ?$

$\varphi = 68^\circ 58'$

$\delta > \varphi$



$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cdot \cos t$

С высоты видимая звездная величина меняется примерно как:

$m(h) = m_0 + \frac{\Delta m}{\sin h}$  ← При ~~h~~ высоте h не сильно отклоняющейся от  $90^\circ$  ( $h > 45^\circ$ )

$h_{н.к.} \approx |\varphi + \delta| - 90^\circ \approx |69 + 69| - 90^\circ = 138 - 90 \approx 48^\circ$

$h_{в.к.} = 90^\circ - |\varphi - \delta| \approx 90^\circ$

касательная  
 $m(\frac{h}{2}) = m_0 + \frac{\Delta m}{\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t}$

$\Delta m$  — земное поглощение  
 $\Delta m \approx 0.5^m \div 0.8^m$

$\delta - \varphi = 22' \ll 1 \text{ рад}$        $\sin \varphi \approx \sin \delta$   
 $\cos \varphi \approx \cos \delta$

Таким образом  
 $m_{\max} \approx 4.4^m$   
 $m_{\min} \approx 4.8^m$

$m(h) = m_0 + \frac{\Delta m}{\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi \cos t}$

# Задача 3

САР-8

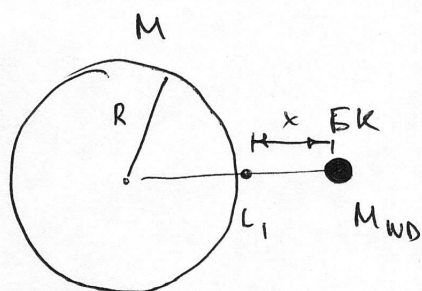
$R_{\max} = 0.10 \text{ а.е.}$  ← звезда

$a = 0.14 \text{ а.е.}$  — БК, расстояние до центра звезды (основного компонента)

$M_{\text{WD}} = M_{\odot}$ . Известно, что на БК происходит аккреция в-ва с медленной скоростью.

Чтобы определить среднюю плотность  $\bar{\rho} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$

$\bar{\rho} = \frac{3}{4\pi} \cdot \frac{M}{R^3}$  нужно знать  $M$  — массу звезды



Аккреция происходит с медленной скоростью ⇒ можно считать, что  $L_1$  (точка Лагранжа  $L_1$ ) находится на "нов-сти" звезды

Если  $M_{\text{WD}} \ll M$ , то  $x \approx a \cdot \sqrt[3]{\frac{M_{\text{WD}}}{3M}}$

$\frac{x}{a} \approx \frac{0.04 \text{ а.е.}}{0.14 \text{ а.е.}} \approx \frac{4}{14} \approx \frac{1}{3.5}$

$\frac{1}{3.5^3} \approx \frac{M_{\text{WD}}}{3M}$   $M \approx \frac{3.5^3}{3} \cdot M_{\text{WD}}$

$M \approx 15 M_{\odot}$

$$\bar{\rho} = \frac{15 M_{\odot}}{R^3} \cdot \frac{3}{4\pi} = \frac{15 \cdot 2 \cdot 10^{30} \text{ кг}}{10^{-3} \cdot (150 \cdot 10^9)^3 \text{ м}^3} \cdot \frac{1}{4} \approx$$

$$\approx \frac{30 \cdot 10^{30} \cdot 80}{10^{-3} \cdot 10^{24} \cdot 10^3 \cdot 1.5^3} \cdot \frac{1}{4} = \frac{2 \cdot 10^{30} \cdot 1.5 \cdot 10^2}{4 \cdot 1.5^3 \cdot 10^3} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = \frac{5}{2.25} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \approx 2.2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Задача 1.  $\lambda = 3000 \text{ \AA}$   $D = 2.4 \text{ м}$  САР-8

Известно, что предельное угловое разрешение между двумя объектами при  $n$ -кратном усилии равно в телескоп (или дифракционный предел) равно

$$\theta_{\text{дифф}} \approx \frac{\lambda}{D} \approx \frac{3 \cdot 10^3 \cdot 10^{-10}}{2.4 \cdot \pi} = \frac{10^{-7}}{0.8} = \frac{5}{4} \cdot 10^{-7} \text{ рад}$$

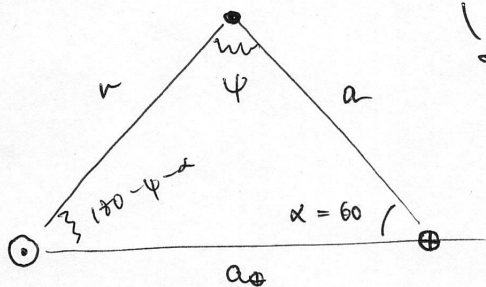
$$\theta_{\text{дифф}} \approx 1.25 \cdot 10^{-7} \text{ рад}$$

$$1 \text{ рад} = \frac{180}{\pi}^\circ = \frac{180}{\pi} \cdot 3600'' \approx 57 \cdot 3600'' = 20.52 \cdot 10^4''$$

$$\theta_{\text{дифф}} \approx 26 \cdot 10^{-3}'' \approx 26 \text{ мас}$$

$$\begin{array}{r} 5.7 \\ \times 3.6 \\ \hline 34.2 \\ + 17.1 \\ \hline 20.52 \\ \times 1.25 \\ \hline 10260 \\ + 4104 \\ \hline 2052 \\ \hline 25.6500 \end{array}$$

Задача 2



$$\alpha = 60^\circ \quad n = 0.866 \text{ а.е.}$$

$$R = 50 \text{ м}$$

фазовый угол

$$\Phi = \frac{1 + \cos \alpha}{2} = \frac{1 + \frac{1}{2}}{2} = \frac{3}{4}$$

фаза астероида

$$E = \frac{L_{\odot}}{4\pi r^2} \cdot A \cdot \Phi \cdot \pi R^2 \cdot \frac{1}{4\pi a^2} \quad \text{— освещенность на пов-сти Земли от астероида}$$

$A \approx 0.12$  — альbedo астероида (как у Луны)

Предельная звездная величина телескопа ( $d_{\text{от}} = 5 \text{ км}$ )

$$m = 6^m + 5 \lg \frac{50 \text{ км}}{0.5 \text{ км}} = 6^m + 5 \lg 100 = 16^m$$

$$d_m = 6 \mu\text{m} \quad \frac{50}{0.6} = \frac{500}{6} = \frac{500}{2 \cdot 3} = \frac{5}{2 \cdot 3} \cdot 100 =$$

$$= \frac{10}{2 \cdot 2 \cdot 3} \cdot 100 = \frac{1}{2 \cdot 2 \cdot 3} \cdot 1000$$

CAP-8

$$\lg \frac{1000}{2 \cdot 2 \cdot 3} = 3 - \underset{2 \cdot 0.3}{2 \cdot \lg 2} - \overset{0.48}{\lg 3} =$$

$$= 3 - \underbrace{(0.6 + 0.48)}_{1.08} \approx \textcircled{1.92}$$

$$\begin{array}{r} 4 \quad 1 \\ \times \quad 1.92 \\ \hline 9.60 \end{array}$$

$$6^m + 5 \cdot 1.92^m \approx 6 + 9.6 \approx \underline{15.6^m}$$

$$2.5 \lg \frac{E}{E_0} = m_0 - m$$

$$\frac{E}{E_0} = \frac{\cancel{L_0}}{4\pi r^2} \cdot A \cdot \Phi \cdot \pi R^2 \cdot \frac{1}{4\pi a^2}$$

$$= A \Phi \cdot \pi R^2 \cdot \frac{1}{\cancel{4\pi a^2}} \cdot \frac{a_0^2}{r^2}$$

$$\begin{aligned} &= 0.866 \approx \frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{r}{\sin 60^\circ} &= \frac{a_0 = 1}{\sin \psi} \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & \quad \sin \psi = 1 \end{aligned}$$

$$\psi = 90^\circ$$

$$\frac{a}{\sin 80^\circ} = \frac{a_0}{\sin \psi} = 1 \quad a = \frac{1}{2} a_e = 0.5 a_e$$

$$\frac{E}{E_0} = A \Phi \cdot \left(\frac{R}{2a}\right)^2 \cdot \left(\frac{a_0}{r}\right)^2 = 0.12 \cdot \frac{3}{4} \cdot \left(\frac{\frac{1}{80} \mu\text{m}}{2 \cdot 0.5 \cdot 150 \cdot 10^9 \text{m}}\right)^2$$

$$\cdot \left(\frac{1}{0.866}\right)^2 = 0.12 \cdot \left(\frac{100}{300 \cdot 10^9}\right)^2 = 0.12 \cdot \frac{1}{9} \cdot 10^{-18}$$

$$\left(\frac{2}{\sqrt{3}}\right)^2 = \frac{4}{3}$$

$$\frac{E}{E_0} \approx 10^{-20}$$

CAP-8

$$2.5 \lg 10^{-20} = 2.5 \cdot (-20) = -50$$

$$m = m_0 + 50 = -26.7 + 50 \approx +23.2^m > \frac{m_{\text{пред}}}{16^m}$$

мельзя

Ответ: нет, мельзя.

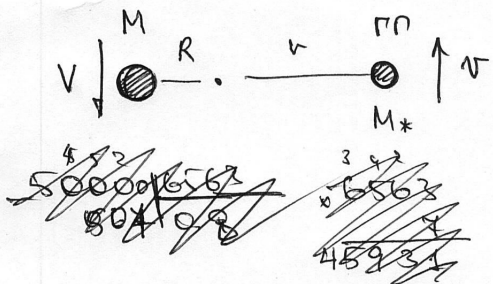
Задача 4.  $M = 1.4 M_{\odot}$  — нейтронная звезда  
звезда  $\uparrow$  ПП ( $\bar{V}$  на  $\odot$ . ПР)

Рентгеновские пульсары периодом  $\tau = 1$  с;  
max отклонение (амплитуда)  $\Delta\tau = 10^{-4}$  с

$$M_{\alpha} (6563 \text{ \AA}) \quad \Delta\lambda = 0.5 \text{ \AA} - \text{амплитуда}; \quad \lambda = 6563 \text{ \AA}$$

Рентген — высокоэнергетические гамма ( $\sim 100$  кэВ) —  
коротковолновой спектр — вероятно от НЗ.

$M_{\alpha}$  — видимый спектр — от каждой звезды ПП



$$\frac{v}{c} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{0.5 = 5 \cdot 10^{-1}}{6563 = 6.563 \cdot 10^3}$$

$$v \approx 3 \cdot 10^8 \cdot \left( \frac{5}{6.563} \cdot 10^{-4} \right) \text{ м/с} \Rightarrow \approx 0.76$$

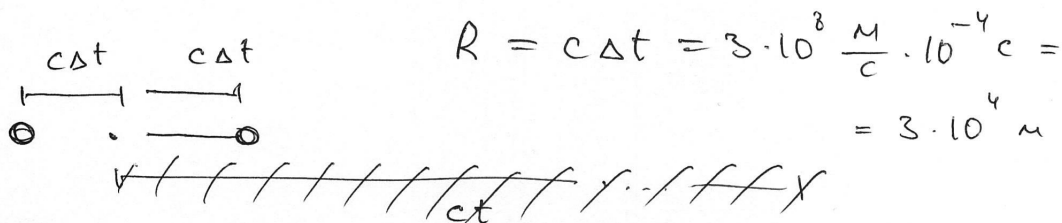
$$v \approx 2,3 \cdot 10^4 \text{ м/с} \approx 23 \text{ км/с}$$

$$v = \omega \cdot r$$

$$M_* \cdot v = MR$$

$M_* = ?$

Также заметим, что изменение во времени прихода сигнала  
 излучения в релятивистском движении связано  
 с ~~атмосферными~~ ~~и~~ ~~разными~~ ~~обменами~~ ~~кЗ~~ по  
 спуску.

$$R = c \Delta t = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 10^{-4} \text{с} = 3 \cdot 10^4 \text{м}$$


$$\omega^2 = \frac{G(M+M_*)}{a^3} \quad a = r + R = R \cdot \frac{M+M_*}{M_*}$$

$$\sqrt{\frac{G(M+M_*)}{a^3}} \cdot r = v \quad v_{\oplus} \approx 29.8 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$$v_{\oplus} = \sqrt{\frac{GM_{\oplus}}{a_{\oplus}}}$$

$$\frac{v}{v_{\oplus}} = \sqrt{\frac{M+M_*}{M_{\oplus}} \cdot \frac{r^2 \cdot a_{\oplus}}{a^3}}$$

$$r = \frac{M}{M_*} \cdot R \quad \frac{v}{v_{\oplus}} = \sqrt{\frac{M+M_*}{M_{\oplus}} \cdot \frac{M^2}{M_*^2} \cdot \frac{R^2 a_{\oplus}}{a^3}}$$

$$\frac{v}{v_{\oplus}} = \sqrt{\frac{M+M_*}{M_{\oplus}} \cdot \frac{M^2}{M_*^2} \cdot \frac{R^2 \cdot a_{\oplus}}{R^3 \cdot (M+M_*)^3} \cdot M_*^2} =$$

$$= \sqrt{\frac{M^2 M_*}{(M+M_*)^2 \cdot M_{\oplus}} \cdot \frac{a_{\oplus}}{R}} \quad \frac{v}{v_{\oplus}} \approx \frac{23}{30} \approx 0.77$$

$$0.77^2 = \frac{M^2 M_*}{(M+M_*)^2 M_{\oplus}} \cdot \frac{150 \cdot 10^{10} \text{м}}{8 \cdot 10^7 \text{м}} = \frac{M^2 M_*}{(M+M_*)^2 M_{\oplus}} \cdot 5 \cdot 10^6$$

0.6

$$\frac{M^2 M_*}{(M+M_*)^2 M_{\oplus}} \approx 1.2 \cdot 10^{-7}$$

CAP-8

Звезда на ГП  $\Rightarrow (M^*/M_\odot)^4 \approx L^*/L_\odot$

---

Нейтронные звезды почти не светят в оптическом  
диапазоне  $\Rightarrow L_{\text{полн}} (\text{полная}) \approx L (\text{звезда})$

САР-8

# Задача 4

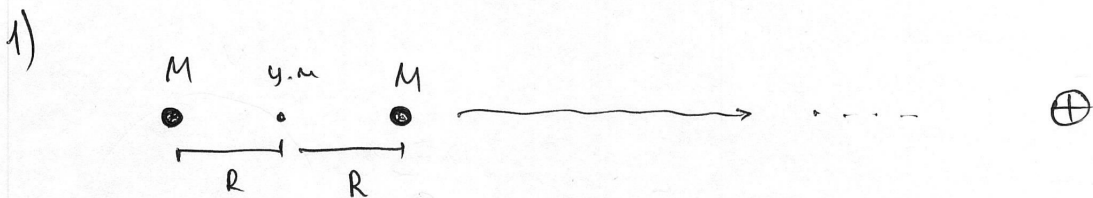
САР-8

$M = 1.4 M_{\odot}$  — нейтронная звезда.

Рентгеновские пульсации исходят от нейтронной звезды.  $\tau = 1 \text{ с}$   $\Delta\tau = 10^{-4} \text{ с}$

Пульсация на линии  $H_{\alpha}$  ( $6563 \text{ \AA}$ ) исходит от звезды РП.  $\Delta\lambda = 0.5 \text{ \AA}$

Из-за движения НЗ и звезды вокруг общего Ц.м. наблюдаются отклонения ( $\Delta\lambda$  и  $\Delta\tau$ )

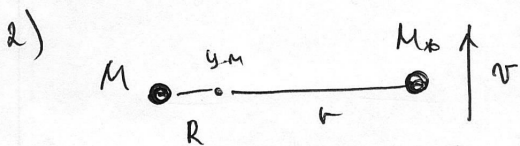


Отклонение на  $R$  от ц.м. рассеяние уменьшается/увеличивается на  $c \cdot \Delta\tau$

$$R = c \cdot \Delta\tau = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \cdot 10^{-4} \text{ с} = 3 \cdot 10^4 \text{ м}$$

$$R \approx 30 \text{ км.}$$

Радиус нейтронной звезды  $R_{NS} \sim 10^1 \text{ км}$



Эффект Доплера:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$$

$$v = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с} \cdot \frac{0.5 \text{ \AA}}{6563 \text{ \AA}} \approx 3 \cdot 10^8 \cdot \frac{5}{6.563} \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{с}} \approx 2.3 \frac{\text{км}}{\text{с}} \cdot 10^4$$

$$v \approx 23 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

III закон Кеплера:

$$a = r + R$$

$$\omega^2 = \frac{G(M + M_*)}{a^3}$$

$$MR = M_* r$$

$$r = \frac{M}{M_*} \cdot R$$

$$v = \omega \cdot r$$

$$a = R \left( 1 + \frac{M}{M_*} \right) = R \cdot \frac{M + M_*}{M_*}$$



$$\omega^2 = \frac{G(M+M_*)}{R^3 \cdot (M+M_*)^3} \cdot M_*^3 = \frac{GM_*^3}{R^3 (M+M_*)^2}$$

$$\frac{v}{v_\oplus} = \frac{\sqrt{\frac{GM_*^3}{R^3 \cdot (M+M_*)^2}} \cdot R \cdot \frac{M}{M_*}}{\sqrt{\frac{GM_\odot}{a_\oplus}}}$$

$$v_\oplus \approx 30 \text{ km/s}$$

$$v/v_\oplus \approx 0.77$$

$$\frac{v}{v_\oplus} = \sqrt{\frac{M_*^3 \cdot M^2}{(M+M_*)^2 \cdot M_*^2 M_\odot}} \cdot \frac{a_\oplus}{R}$$

$$\left(\frac{v}{v_\oplus}\right)^2 \cdot \frac{R}{a_\oplus} = \frac{M^2 M_*}{M_\odot (M+M_*)^2}$$

~~$$\frac{R}{a_\oplus} \approx 5 \cdot 10^6$$~~

$$\frac{a_\oplus}{R} \approx 5 \cdot 10^6$$

$$10^{-7} \approx \frac{M_* M^2}{M_\odot \cdot (M+M_*)^2}$$

$$M \approx 1.4 M_\odot$$

$$10^7 \approx \left(1 + \frac{M_*}{M}\right)^2 \cdot \frac{M_\odot}{M_*}$$

$$\frac{M_*}{M_\odot} \cdot 10^7 \approx 1 + 2 \cdot \frac{M_*}{M} + \left(\frac{M_*}{M}\right)^2$$

$$10^7 \cdot \frac{M_*}{M_\odot} \approx \left(\frac{M_*}{M}\right)^2 \Rightarrow M_* \approx \frac{M^2}{M_\odot} \cdot 10^7 \sim 10^7 M_\odot ?!$$

Масс. предел  $M_{\text{Edd}} \approx 100 M_\odot$   
(Связан с пределом Эддингтона)

невозможно?

CAP-8