

ТОМ-02

1. 1) По условию  $T_{\text{ЗЗВ}} = 1,02 T_{\text{НОН}}$

$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ ; Маятники одинаковые  $\Rightarrow l_{\text{ЗЗВ}} = l_{\text{НОН}}$

$\Rightarrow \frac{T_{\text{ЗЗВ}}}{T_{\text{НОН}}} = \sqrt{\frac{g_{\text{НОН}}}{g_{\text{ЗЗВ}}}} = \sqrt{\frac{g_{\text{НОН}}}{g_{\text{ЗЗВ}}}} = 1,02$

2) Выражение для  $g$ :  $\Pi$  закон Киптона для произвольного тела  $m$ :

$mg = G \frac{mM_{\oplus}}{R^2}$

$R$  - расстояние до центра Земли;

$g = G \frac{M_{\oplus}}{R^2}$  тогда  $\sqrt{\frac{g_{\text{НОН}}}{g_{\text{ЗЗВ}}}} = \frac{R_{\text{ЗЗВ}}}{R_{\text{НОН}}} = 1,02$

3) При этом при  $R'_{\text{НОН}} = R_{\text{НОН}} + h$   $T'_{\text{НОН}} = T_{\text{ЗЗВ}} \Rightarrow R'_{\text{НОН}} = R_{\text{ЗЗВ}}$

Тогда  $R_{\text{ЗЗВ}} = 1,02 R_{\text{НОН}} = R_{\text{НОН}} + h$ ;  $h = 0,02 R_{\text{НОН}}$

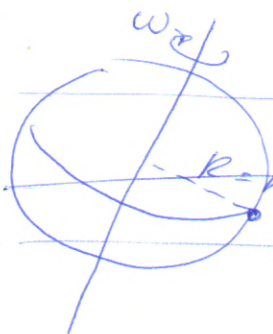
$R_{\text{НОН}} = 50h = 50 \cdot 130 = 6500 \text{ км}$

$R_{\text{ЗЗВ}} = 1,02 \cdot R_{\text{НОН}} = 6630 \text{ км}$

4) Угловая скорость вращения планеты вокруг своей оси

$\omega = \frac{360^\circ}{102} = 3,6^\circ/\text{ч}$ . ~~Дуемши также скорость движения~~

~~без двимателей. Из выражения для линейной скорости  $v = \omega R$~~



~~$\omega = \text{const}$ ,  $v = \text{max}$  при  $R = \text{max}$~~

~~Тогда  $v_{\text{ЗЗВ}} = v_{\text{max}} =$~~

~~$= \omega R_{\text{ЗЗВ}} = 0,03 \cdot 6630 \cdot 10^3 =$~~

~~$= 4176900 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 4176,9 \frac{\text{км}}{\text{с}}$~~

$\omega$ :  $x = \frac{36}{57,3} \approx 0,63 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$  Ответ:  $4176,9 \frac{\text{км}}{\text{с}}$

$36^\circ - x \text{ рад}$  630

$57,3^\circ - 1 \text{ рад}$  6630

18900

378000

3280000

4176900

Стр 1 из 5

Том-02 на земле  $\omega_{\oplus} \approx \frac{360^\circ}{24 \cdot 2}$ , то есть  $\omega = 2,4 \omega_{\oplus}$

При этом радиусы планеты и Земли сходны, а значит,

$$v_{\text{max}} \text{ на планете} = 2,4 v_{\text{max} \oplus} \text{ на Земле} = 2,4 v_{\oplus} = 2,4 \cdot 12 \frac{\text{км}}{\text{с}} = 16,8 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

Ответ:  $v_{\text{max}} = 16,8 \frac{\text{км}}{\text{с}}$

4.1) Формула для эффекта Доплера:  $\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$

В данном случае поперечная составляющая 0,46А соответствует нулевой тангенциальной и максимальной по модулю лучевой скорости для наблюдателя.

2) Применим III закон Кеплера для данной системы и Земли с Солнцем.

Период падения блеска есть период обращения компонентов двойной звезды, т.к. луч зрения находится в орбитальной плоскости системы (падении блеска - в момент перекрытия)

$$\frac{T_{\oplus}^2}{a_{\oplus}^3} = \frac{4\pi^2}{GM_{\odot}}$$

Земля + Солнце

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G(M_1 + M_2)}$$

дв. система

3) при этом  $v = c \frac{\Delta \lambda}{\lambda}$ ,  
орбита круговая:  
 $\frac{2\pi a}{T} = v \Rightarrow a = \frac{vT}{2\pi}$

$$\left(\frac{T}{T_{\oplus}}\right)^2 \left(\frac{a}{a_{\oplus}}\right)^3 = \frac{G(M_1 + M_2)}{GM_{\odot}}$$

$$4 \cdot \left(\frac{vT}{v_{\oplus}T_{\oplus}}\right)^3 = \frac{M_1 + M_2}{M_{\odot}}$$

$$4 \cdot \left(\frac{a}{a_{\oplus}}\right)^3 = \frac{M_1 + M_2}{M_{\odot}}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{v}{v_{\oplus}}\right)^3 = \frac{M_1 + M_2}{M_{\odot}}$$

$$M_1 + M_2 = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{v}{v_{\oplus}}\right)^3 M_{\odot}$$

$$v_{\oplus} \approx 30 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$$M_1 + M_2 = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{c}{v_{\oplus}} \cdot \frac{\Delta \lambda}{\lambda}\right)^3 M_{\odot}$$

$$\frac{c}{v} = \frac{3 \cdot 10^5}{3 \cdot 10} = 10^4$$

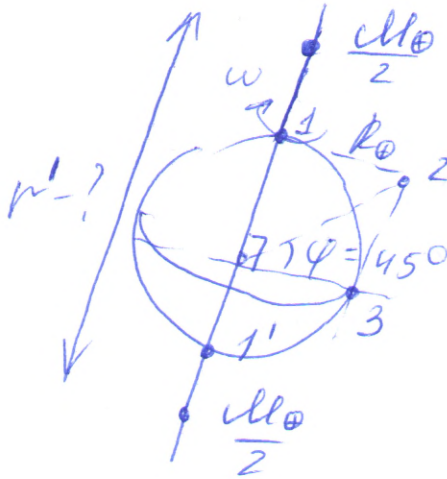
$$\lambda \approx 22 \text{ нм}$$

$$M_1 + M_2 \approx 4 M_{\odot} \quad \text{Можно оценить в пределах от } 0,01 M_{\odot} \text{ до } 80 M_{\odot}$$

Ответ:  $[3,9 M_{\odot}; 3,99 M_{\odot}]$

$$5. V(r, \varphi) = \frac{GM_{\oplus}}{r} \left[ 1 - J_2 \left( \frac{R_{\oplus}}{r} \right)^2 \cdot \frac{3\cos^2\varphi - 1}{2} \right]$$

возмемши гба сучая:



1)  $r > 2R_{\oplus}$  2)  $r < 2R_{\oplus}$ , но  
 Тогда рассматриваются в формульном виде они аналогично.

$$V_1 = \frac{GM_{\oplus}}{R_{\oplus}} \cdot \left[ 1 - J_2 \cdot 1 \cdot \frac{3-1}{2} \right] = \frac{GM_{\oplus}}{R_{\oplus}} (1 - J_2)$$

При этом потенциал точки 1' такой же

=> точки с  $\frac{d\theta}{a}$  расположены симметрично относительно центра Земли.

$$V_3 = \frac{GM_{\oplus}}{R_{\oplus}} \left[ 1 - J_2 \cdot \left(-\frac{1}{2}\right) \right] = \frac{GM_{\oplus}}{R_{\oplus}} \left( 1 - \frac{1}{2} J_2 \right)$$

При этом  $V_3 = \frac{GM_{\oplus}}{2\sqrt{R_{\oplus}^2 + \frac{r^2}{4}}} \cdot 2 = \frac{GM_{\oplus}}{\sqrt{R_{\oplus}^2 + \frac{r^2}{4}}}$  по принципу суперпозиции потенциалов

Тогда  $\frac{(1 - \frac{1}{2} J_2)}{R_{\oplus}} = \frac{1}{\sqrt{R_{\oplus}^2 + \frac{r^2}{4}}}$ ;  $\frac{(1 - \frac{1}{2} J_2)^2}{R_{\oplus}^2} = \frac{1}{R_{\oplus}^2 + \frac{r^2}{4}}$

$$R_{\oplus}^2 = \left(1 - \frac{1}{2} J_2\right)^2 R_{\oplus}^2 + \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} J_2\right)^2 \cdot \frac{r^2}{4}$$

$$4R_{\oplus}^2 \left[ 1 - \left(1 - \frac{1}{2} J_2\right)^2 \right] = r^2 \left(1 - \frac{1}{2} J_2\right)^2$$

$$2R_{\oplus} \sqrt{\left(2 - \frac{1}{2} J_2\right) \cdot \frac{1}{2} J_2} = r \left(1 - \frac{1}{2} J_2\right) \quad R \approx 6371 \text{ км}$$

$$r = \frac{2R_{\oplus}}{1 - \frac{1}{2} J_2} \sqrt{\left(2 - \frac{1}{2} J_2\right) \cdot \frac{1}{2} J_2} = \frac{2 \cdot 6371}{1 - 0,54 \cdot 10^{-3}} \sqrt{0,54 \cdot 10^{-3} \cdot (2 - 0,54 \cdot 10^{-3})}$$

при этом  $\frac{1}{1 - 0,54 \cdot 10^{-3}} \approx 1$ ,  $2 - 0,54 \cdot 10^{-3} \approx 2$  TOM-02

Тогда  $n' \approx \frac{2 \cdot 6371}{1} \cdot \sqrt{5,4 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}$   $\sqrt{5,4} \approx 2,32$   
 $\sqrt{2} \approx 1,41$

$n' \approx 2 \cdot 6371 \cdot 2,32 \cdot 1,41 \cdot 10^{-2} \approx 417 \text{ км.}$

3. Значит, что ближайшес к нам галактики, например, Галактика Андромеды, движется на нас, то есть смещенне фиолетовее. Ответ:  $n' \approx 417 \text{ км.}$

$z = \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$  - эффект Доплера

~~$\lambda \approx 550 \text{ нм}$~~  смещенне порядка 0,01 всё ещё наблюдаемо, поэтому возьмём  $|\frac{\Delta \lambda}{\lambda}| = 0,001$

Для красного смещення рассмотрим аналогичную задачу.

По закону Кеплера  $v = Hn$ ,  $n = \frac{v}{H}$ .

$$\begin{array}{r} 300 \text{ | } 66 \\ \hline 272 \text{ | } 4,4 \\ \hline 280 \end{array}$$

$v = 0,001 c = 3 \cdot 10^2 \frac{\text{км}}{\text{с}}$

Тогда  $n = \frac{3 \cdot 10^2 \frac{\text{км}}{\text{с}}}{68 \frac{\text{км}}{\text{с}}} \cdot \text{Мпк} \approx 4,4 \text{ Мпк.}$

Считая границу, когда смещенне перейдет из красного в фиолетовое, незначительной, можем полагать

$n \approx 4,4 \text{ Мпк.}$

2. Светимости шлангов совпадают, а значит, они имеют примерно равные массы ( $L \propto M^{3.5 \div 4}$ )

ТОМ-02

Вследствие хромейионного механизма двойных звезд в каждой системе звезды будут на разных стадиях.

Значит, система 1: голубой шланг, красный карлик

Система 2: голубой карлик, красный шланг.

Тогда система 2 старше, потому что более массивное тело имеет более позднюю стадию

Сир 5 из 5