

№3

Дол. длина волны $H_\alpha - \lambda_0 = 6563 \text{ \AA} \Rightarrow$

$$\Delta\lambda = 16 \text{ \AA}$$

Из её смещения, по эффекту Доплера и закону Хаббла найдём расстояние до галактики:

$$\frac{v_0}{c} = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}, \quad v_0 = H_0 r, \quad \lambda = 7900 \text{ \AA} \Rightarrow$$

скорость света

$$r = \frac{c}{H_0} \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{3 \cdot 10^5 \frac{\text{км}}{\text{с}}}{70 \frac{\text{км}}{\text{с} \cdot \text{Мпк}}} \frac{7900 - 6563}{6563} =$$

$$= \frac{3 \cdot 1337}{70 \cdot 6563} \cdot 10^5 \text{ Мпк} \approx \frac{4000}{460000} 10^5 \text{ Мпк} \approx 850 \text{ Мпк}$$

Теперь из ширины линии найдём скорость вращения на ^{мало} галактики:

$$\frac{v_0 + v}{c} = \frac{\lambda + \frac{\Delta\lambda}{2} - \lambda_0}{\lambda_0}, \quad \frac{v_0 - v}{c} = \frac{\lambda - \frac{\Delta\lambda}{2} - \lambda_0}{\lambda_0} \Rightarrow$$

$$\frac{2v}{c} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \Rightarrow v = \frac{c \Delta\lambda}{2 \lambda_0} = \frac{3 \cdot 10^5 \cdot 16}{2 \cdot 6563} \frac{\text{км}}{\text{с}} \approx$$

$$\approx \frac{48}{13} \cdot 100 \frac{\text{км}}{\text{с}} \approx 350 \frac{\text{км}}{\text{с}} \Rightarrow \text{Используя соотношение}$$

Маллума-Рингера и сравнивая нашу галактику с Млечным Путём

($L_{\text{MW}} = 2 \cdot 10^{10} L_0$, $v_{\text{MW}} = 220 \frac{\text{км}}{\text{с}}$) находим светимость

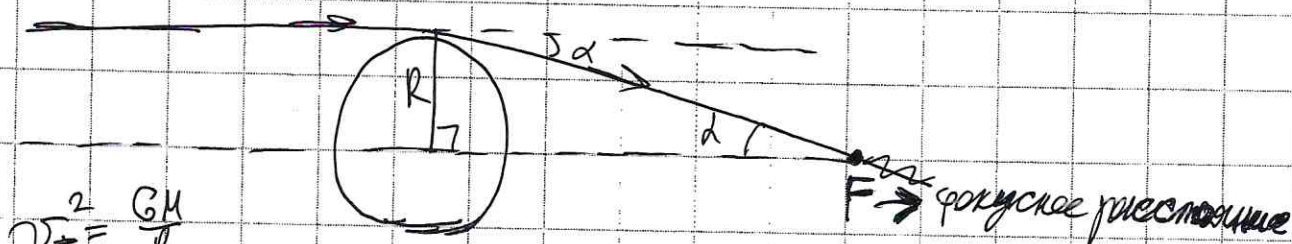
Галактики: $\frac{L}{L_{\text{MW}}} = \left(\frac{v}{v_{\text{MW}}} \right)^4 \Rightarrow L = 2 \cdot 10^{10} \cdot \left(\frac{350}{220} \right)^4 L_0$

$$L \approx 2 \cdot 10^{10} \cdot \frac{3^4}{2^4} L_0 \approx 10^{11} L_0 \Rightarrow$$

Сравнивая с Солнцем: $m = m_0 + 2.5 \lg \left(\frac{\frac{L_0}{4\pi a_0^2}}{\frac{L}{4\pi r^2}} \right)$,
 где $m_0 = -26.8$ — вид. зв. вел. Солнца, а $a_0 = 1 \text{ а.е.}$ — радиус
 орбиты Земли $\Rightarrow$

$$\begin{aligned} m &\approx -26.8 + 2.5 \lg \left(10^{11} \cdot \left(\frac{850 \cdot 10^6 \cdot 206265}{1} \right)^2 \right) \approx \\ &\approx -26.8 - 27.5 + 2 \cdot 5 \lg (10^3 \cdot 10^5 \cdot 10^6) \approx \\ &\approx -54.3 + 70 \approx 15.7 \end{aligned}$$

Ответ: $m \approx 15.7$;
 №2



$$v_{\pm}^2 = \frac{GM}{R}$$

$$d \ll 1 \Rightarrow d = \frac{R}{F}$$

$$F = \frac{F(R)}{M}$$

от R , причём за счёт гравитации ~~вект~~: где $F(R)$ — функция

$$d \sim \frac{v_{\pm}^2}{c^2} \Rightarrow \frac{R}{F} \sim \frac{M}{Rc^2} \Rightarrow F(R) \sim R^2 \Rightarrow$$

$\downarrow$ скорость света

$$F \sim \frac{R^2}{M}$$

~~12~~

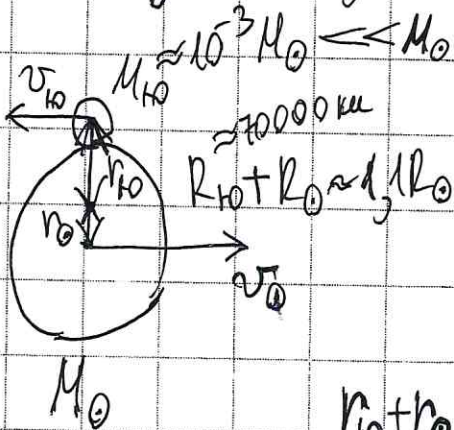
Откуда: $F_0 = \frac{R_0}{L_0} = \frac{7 \cdot 10^{25} \text{ км}}{1,75^4} \approx 4 \cdot 10^5 \cdot 206265 \text{ км} \approx$

$$\approx 4 \cdot 10^5 \cdot \frac{2 \cdot 10^5}{15 \cdot 10^8} \text{ а.е.} \approx 530 \text{ а.е.} \Rightarrow$$

$$F = F_0 \left(\frac{R}{R_0} \right)^2 \left(\frac{M_0}{M} \right) = 530 \text{ а.е.} \cdot \left(\frac{R}{R_0} \right)^2 \left(\frac{M_0}{M} \right) \xrightarrow{\text{ответ}}$$

N4

П.к. радиус орбиты изменяется медленно, но в момент падения они движатся по примерно круговым орбитам:



$$\frac{M_Ю v_Ю^2}{R_Ю + R_0} = \frac{G M_Ю M_0}{(R_Ю + R_0)^2}$$

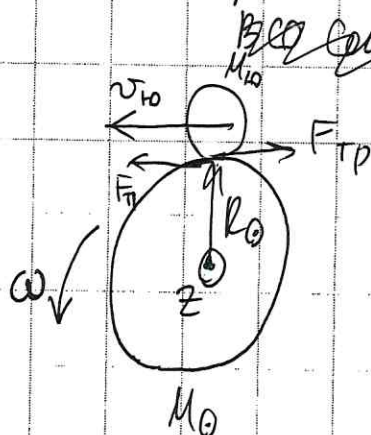
$$\frac{M_Ю v_Ю^2}{r_Ю} = \frac{G M_Ю M_0}{(R_Ю + R_0)^2}$$

$$r_Ю + r_0 = R_Ю + R_0, \quad M_Ю r_Ю = M_0 r_0 \Rightarrow$$

$$r_Ю = \frac{R_Ю + R_0}{1 + \frac{M_Ю}{M_0}} \approx R_Ю + R_0 \Rightarrow \frac{M_Ю v_Ю^2}{r_Ю} = \frac{G M_Ю M_0}{(R_Ю + R_0)^2}$$

$$v_Ю^2 = \sqrt{\frac{G M_0}{R_Ю + R_0}} \Rightarrow v_0 < v_Ю \rightarrow \text{пренебрежим } v_0$$

Рассмотрим сам удар:



Пусть время удара $\Delta t \Rightarrow$

$F_{тр} \Delta t = M_{Ю} v_{Ю}$ — т.к. после удара скорость $v_{Ю}$ прекращается

$F_{тр} R_0 \Delta t = \Delta L$ — изм. момент импульса отк. осей проходящей через центр масс $\Rightarrow$

момент инерции ΔL_0 отк. центра масс $\omega \ll \omega_c^{-1}$

$$\Delta L_0 = \left(\frac{2}{5} M_0 R_0^2 \right) \omega = F_{тр} R_0 \Delta t \Rightarrow \omega = \frac{5 M_0 v_{Ю}}{2 M_0 R_0} \Rightarrow$$

Искомый период: $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{4\pi M_0 R_0}{5 M_0 v_{Ю}} \Rightarrow$

~~$T = \frac{4\pi \cdot 2 \cdot 10^{30} \cdot 7 \cdot 10^8}{5 \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{27} \cdot \sqrt{\frac{150 \cdot 10^6}{7 \cdot 10^5}}}$~~

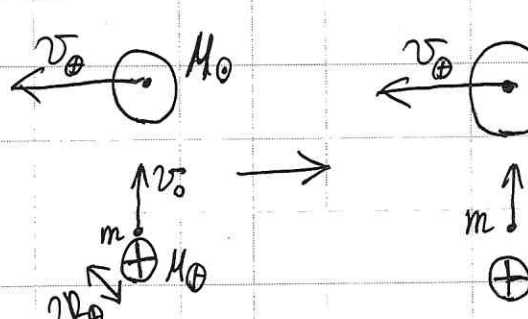
$\Rightarrow T \approx \frac{4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 10^{30} \cdot 7 \cdot 10^8}{5 \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{27} \cdot \sqrt{\frac{150 \cdot 10^6}{7 \cdot 10^5}}} \text{ с} \approx$

$\approx \frac{28 \cdot 10^7}{5 \cdot 14} \text{ с} \approx \frac{2 \cdot 10^7}{5} \text{ с} \approx 4 \cdot 10^6 \text{ с} \approx \frac{4}{\pi} \cdot 10^{-1} \text{ лет} \approx$

$\approx \frac{4 \cdot 365}{3 \cdot 10} \text{ дней} \approx 50 \text{ дней} \Rightarrow \text{Ответ: } T \approx 50 \text{ дней};$

M

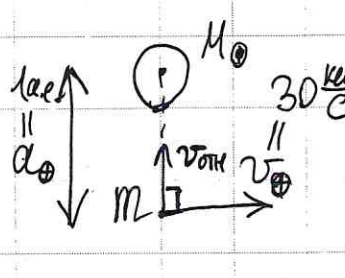
В СО Земли до момента вылета из её тяготения:



$$3\text{СЭ: } \frac{mv_0^2}{2} - \frac{GM_\oplus m}{R_\oplus} = \frac{mv_{\text{отн}}^2}{2} \Rightarrow$$

$$v_{\text{отн}} = \sqrt{v_0^2 - v_{\text{II}}^2}, \quad v_{\text{II}} = 11,2 \frac{\text{км}}{\text{с}} - \text{вторая космическая}$$

ракетная $\Rightarrow$ В СО Солнца:



$$3\text{СЭ: } \frac{m(v_{\text{отн}}^2 + v_\oplus^2)}{2} - \frac{GM_\odot m}{a_\oplus} = \frac{m}{2} - \frac{GM_\odot m}{2a} \rightarrow \text{большая погрешность}$$

$$\text{П.к. } v_\oplus^2 = \frac{GM_\odot}{a_\oplus} \Rightarrow a = \frac{GM_\odot}{v_\oplus^2 - v_{\text{отн}}^2} = \frac{a_\oplus}{1 - \left(\frac{v_{\text{отн}}}{v_\oplus}\right)^2}$$

$$3\text{СМН: } m v_\oplus a_\oplus = m \sqrt{\frac{GM_\odot}{a} \frac{1+e}{1-e}} \cdot a(1-e) = m \sqrt{GM_\odot a(1-e^2)}$$

$$\Rightarrow a_\oplus = a(1-e^2) \Rightarrow e = \frac{v_{\text{отн}}}{v_\oplus} - \text{эксцентриситет}$$

$$\text{По условию: } a(1-e) \leq R_\oplus \Rightarrow v_{\text{отн}} \geq v_\oplus \left(\frac{a_\oplus}{R_\oplus} - 1 \right) \approx$$

$$\approx 30 \frac{\text{км}}{\text{с}} \left(\frac{150 \cdot 10^6}{7 \cdot 10^5} - 1 \right) \approx 6000 \frac{\text{км}}{\text{с}} \geq v_{\text{II}} \Rightarrow \text{Ответ: } v_{\text{отн}} = 6000 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

№5

Пусть все звезды со звездного типа: $L = L_{\odot}$ и $M = M_{\odot} = 1.98 \times 10^{30}$ кг
они распределены равномерно по диску галактики

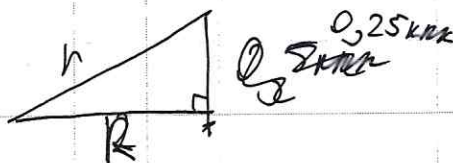
Параметры диска: радиус 15 кпк , а толщина

→ $1 \text{ кпк} \sim 2 \cdot 10^9$
 $0,5 \text{ кпк} \Rightarrow$ Концентрация звезд: $n = \frac{2 \cdot 10^9}{\pi \cdot 15^2 \cdot 0,5} \text{ кпк}^{-3} \approx$
 $\approx \frac{4}{3 \cdot 225} \text{ кпк}^{-3} \approx 0,006 \text{ кпк}^{-3}$, Межзвездное поглощение:

$A = 0,002 \text{ м/кпк} \Rightarrow$ Расстояние на котором между собой

звезды $n = \frac{4}{3} \pi r_{\text{max}}^3 = 300615205 \Rightarrow$
 (допустить $\approx 0,25 \text{ кпк}$)

$r_{\text{max}} \approx \sqrt[3]{\frac{300000000}{4 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}} \text{ кпк} \approx 2 \text{ кпк} > 0,25 \text{ кпк}$ — противоречие



$2R \cdot \pi \cdot 0,25^2 \text{ кпк}^2 \cdot n = 300615205 \Rightarrow$

$R \approx \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 3 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{16}} \text{ кпк} \approx 800 \text{ кпк} \Rightarrow r = \sqrt{R^2 + (0,25 \text{ кпк})^2} \approx 850 \text{ кпк}$

Откуда: $m = M_0 - 5^m + 5^m \lg r + A_r \Rightarrow$

$$m \approx +4,8^m - 5^m + 5^m \lg 850 + 1,7^m \approx 1,5^m + 15^m = 16,5^m$$

Ответ: $m \approx 16,5^m$;