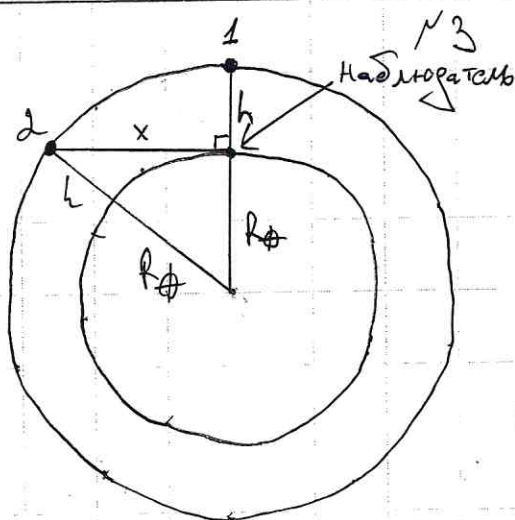




мар взятые в точке 1, на горизонте в точке 2.

Расстояние от наблюдателя до 1 равно высоте орбиты  $h$ .

Расстояние от наблюдателя до 2 равно  $x = \sqrt{(R_\phi + h)^2 - R_\phi^2} = \sqrt{h^2 + 2R_\phi h}$

Сравним освещенности, создаваемые маром:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{h^2 + 2R_\phi h}{h^2} = 10^{-94(-1-10)} \Rightarrow 1 + \frac{2R_\phi}{h} = 10^{44} = 10^{4 \cdot 10^{94}} \Rightarrow \frac{2R_\phi}{h} \approx 10000 \cdot 10 \approx 30000$$

$$h \approx \frac{2 \cdot 6400 \text{ км}}{30000} \approx 0.427 \text{ км} \approx 427 \text{ м}$$

Для черной дыры массой  $M$  и радиусом  $R$ :  $\sqrt{\frac{GM}{R}} = c \Leftrightarrow \frac{4}{3}\pi R^3 \rho G = c^2$

$$\Leftrightarrow \rho = \frac{c^2}{\frac{4}{3}\pi R^2 G} \approx \frac{9 \cdot 10^{16}}{4 \cdot 6,7 \cdot 10^{-11} R^2} \approx \frac{3 \cdot 10^{26}}{R^2} \Rightarrow R \approx \sqrt{\frac{3 \cdot 10^{26}}{\rho}} \approx \frac{1,7 \cdot 10^{13}}{\sqrt{\rho}}$$

$$T \approx 10^{-7} \frac{M_\odot}{\frac{4}{3}\pi R \cdot 3 \cdot 10^{26}} \approx 10^{-7} \frac{M_\odot}{\frac{4}{3}\pi \cdot \frac{(1,7 \cdot 10^{13})^3 \rho}{\sqrt{\rho}}} \approx 10^{-7} \frac{M_\odot \sqrt{\rho}}{20 \cdot 10^{39}} \approx 2 \cdot 10^{-45} M_\odot \sqrt{\rho}$$

Для оценки температуры можно принять температуру черной дыры примерно равной температуре 4K (фактически реликтовое излучение).

Тогда:

$$4 = 2 \cdot 10^{-45} \cdot 2 \cdot 10^{30} \sqrt{\rho} \Rightarrow \rho \approx 10^{30} \text{ кг/м}^3$$

N2

Аппарат вращается по круговой орбите со скоростью  $v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ ;  $R$  — радиус орбиты.  
 Т.к. орбита полярная, старт аппарата происходит с полюса, то вращение планеты не учитывается.

Для вывода на параболическую орбиту при старте с полюса аппарата нужно придать скорость  $v_2 = \sqrt{2\frac{GM}{r}}$ ,  $r$  — радиус планеты.

$$\text{Добавим скорости } \Delta v = \sqrt{2\frac{GM}{r}} - v_1 = (\sqrt{2} - 1)\sqrt{\frac{GM}{R}}$$

$$5\Delta v = v_2 \Rightarrow 5(\sqrt{2} - 1)\sqrt{\frac{GM}{R}} = \sqrt{2\frac{GM}{r}} \Rightarrow \frac{25(\sqrt{2} - 1)^2}{R} = \frac{2}{r} \quad (*)$$

$$\Rightarrow \frac{R}{r} = \frac{25(\sqrt{2} - 1)^2}{2} \approx \frac{25(2 + 1 - 2\sqrt{2})}{2} \approx \frac{25 \cdot 92}{2} \approx \underline{\underline{2,5}}$$

N5

Найдём абс. зв. величину скопления из 1000 звёзд:

$$\frac{1000 E_1}{E_1} = 10^{-0,4(M_1 - 0)} \Rightarrow 10^3 = 10^{-0,4M_1} \Rightarrow M_1 = \frac{3}{-0,4} = -7,5^m$$

Скопление из миллионов звёзд: каждая звезда имеет абс. зв. величину  $M_{\odot} \approx 4,8^m$ . Найдём абс. зв. величину скопления:

$$\frac{10^6 E_2}{E_2} = 10^{-0,4(M_2 - 4,8^m)} \Rightarrow M_2 = 4,8 + \frac{6}{-0,4} \approx -9,8^m$$

Далее, пусть  $r_1, r_2$  — расстояния до скопления из 1000 звёзд и миллионов соответственно.

$$\frac{r_1^2}{(10^6 r_2)^2} = 10^{-0,4(M_1 - M_2)} \Rightarrow \frac{r_1^2}{r_2^2} = 10^{-0,4(M_1 - M_2 - 6)} = 10^{-0,4(-7,5 - (-9,8) - 6)} = 10^{-0,4(-4,3)} = 10^{1,72} \approx 52,5$$

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{52,5} \approx 7,25$$

Далее, можно считать, что рассеянное зв. скопление находится на краю Галактики противоположно Солнцу. Тогда расстояние до него  $r_{\text{Гал}} + r_{\text{Сол}} = 23 \text{ кпк}$

Пусть зв. величина скопления  $m_1$  и  $m_2$ , тогда:

продолжение на стр. 4



~~4 процентный граф  
у центра Галактики~~



В данной задаче звезда находится на расстоянии  $R = 16 \text{ кпк} > R_0^*$ , следовательно, ее скорость вращения ~~по формуле~~ равна скорости вращения ~~на расстоянии~~ звезд, находящихся во круг центра по

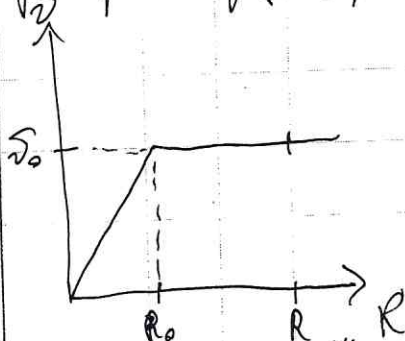
~~Окружность с радиусом  $R$  и скоростью  $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$~~ 

Первое сращивание происходит в условиях звезды:

$$T = \frac{2\pi R \sqrt{\rho_0}}{\sqrt{gM}} = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi R \sqrt{\rho_0}}{\sqrt{gM}} \text{ sec}; M \approx 10$$

41

Угловой градус зависит от скорости движения звезды по круговой траектории вокруг центра галактики от расстояния до него имеет следующий вид:


$$R_0 \approx 8 \text{ km}; v_0 \approx 250 \text{ m/s}$$

Т.е. звезда гаснет по ~~своему~~ ~~закону~~ экспоненте  
распада  $k_0$ , то ее скорость равна  $\dot{D}_0$ .

Она делает полный оборот за время  $T_{\text{полн}}$ , т.е.:

$$T = \frac{2\pi R}{v_0} \approx \frac{6,316 \cdot 206265 \cdot 10^3 \cdot 10^5}{250 \cdot 24 \cdot 365} \approx \frac{206265 \cdot 10^8}{15 \cdot 365} \approx 377 \cdot 10^3 \text{ лет} \approx 400 \text{ млн. лет.}$$

$\sim 5$  (проделанные)  
 $A = 2 \frac{m}{сек}$

$$\begin{cases} m_1 = M_1 - 5 + 5 \lg r_1 + A r_1 \\ m_2 = M_2 - 5 + 5 \lg r_2 + A r_2 \\ m_1 = m_2 + 10^m \end{cases}$$

$$\Rightarrow 10^m = M_1 - M_2 + 5 \lg \frac{r_1}{r_2} + A(r_1 - r_2)$$

$$10 = 23 + 5 \lg \frac{23}{r_2} + 2(23 - r_2)$$

$$\lg \frac{x}{23} \approx 7 - 94x$$

$$\lg x \approx 8,4 - 94x$$

$x \approx 18$  км — макс. расстояние до  
 первого столкновения