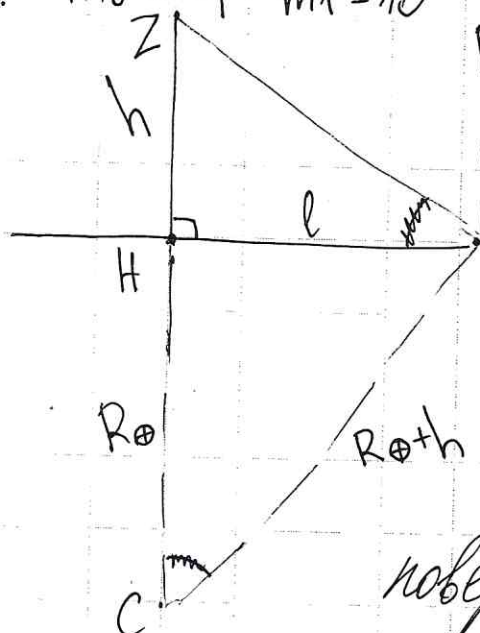


3.  $m_0 = -1^m$   $m_1 = 10^m$



Разность звёздных величин обусловлена тем, что свет от шара нужно пройти разное расстояние. Сделаем рисунок. Расстояние до шара фиксированное и равно  $R_{\oplus} + h$ ,  $R_{\oplus} = 6400 \text{ км}$ ,  $h$  — высота полёта шара над поверхностью Земли.

Запишем формулу Пюгсона для звёздной величины в земле и на поверхности:  $m_1 - m_0 = -2,5 \lg \frac{E_1}{E_0} = -2,5 \lg \frac{L}{4\pi l^2} \cdot \frac{4\pi h^2}{L} = -5 \lg \frac{h}{l} \rightarrow \frac{h}{l} = 10^{\frac{m_0 - m_1}{5}} = 10^{-2,2}$   
 $L$  — светимость шара, считаем постоянной.

Запишем III. Пифагора для  $\triangle CHG$ :

$$R_{\oplus}^2 + l^2 = (R_{\oplus} + h)^2$$

$$R_{\oplus}^2 + l^2 = R_{\oplus}^2 + 2R_{\oplus}h + h^2 \quad | : l^2$$

$$1 = \frac{2R_{\oplus}}{l} \cdot \frac{h}{l} + \left(\frac{h}{l}\right)^2 \quad \text{где } \frac{h}{l} - \text{известная величина}$$

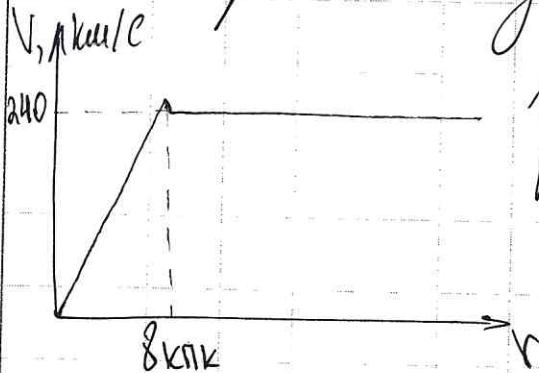
$$\frac{1 - \left(\frac{h}{l}\right)^2}{\frac{h}{l}} = \frac{2R_{\oplus}}{l} \rightarrow l = \frac{2R_{\oplus} \cdot \frac{h}{l}}{1 - \left(\frac{h}{l}\right)^2} = \frac{2R_{\oplus} \cdot 10^{-2,2}}{1 - 10^{-4,4}} \cdot \frac{10^{-4,4}}{10^{-4,4}} = 2R_{\oplus} \cdot 10^{-2,2}$$

$$= 2R_{\oplus} \cdot 10^{-2} = 0,02 \cdot 6400 = 128 \approx 130 \text{ км}$$

Ответ: 130 км



1. Так как это Галактика, то можно взять такую же галактика похожа на Млечный путь и масса такая же, как у нашей Галактики. Скорости звёзд в зависимости от расстояния до центра можно представить так:



На расстояниях больше 8 кпк скорость мало, где скорости  $\sim 240$  км/с

Тогда время, за которое она совершит полный оборот можно вычислить так:

$$T = \frac{2\pi r}{V}, \text{ где } r = 16 \text{ кпк}, V = 240 \text{ км/с}$$

$$T = \frac{2\pi \cdot r}{V} = \frac{2\pi \cdot 16 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 10^5}{240} = \frac{2\pi \cdot 16 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 10^8 \cdot 10^5}{240} =$$

$$= \frac{2 \cdot \pi \cdot 42^4 \cdot 3}{3 \cdot 2^3} \cdot 10^{15} = 4\pi \cdot 10^{15} \text{ с} \approx 1,25 \cdot 10^8 \text{ лет} = 125 \text{ млн лет}$$

Ответ:  $4 \cdot 10^8$  лет

~~4.  $T = 10 \frac{7 \text{ Мс}}{\text{Мс}}$~~

2. На параболической траектории аппарат движется со второй космической скоростью.

$$V_{II} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

На круговой орбите скорость равна  $\sqrt{\frac{GM}{r}}$ , где  $r$  - радиус орбиты

На полосу из скорости вращения, которая будет ~~меньше~~ помогать стартовать, т.е. аппарату нужно приобрести скорость  $\sqrt{\frac{2GM}{R}}$

На орбите же добавка должна быть  $\sqrt{\frac{2GM}{R}} - \sqrt{\frac{GM}{r}}$

т.к. добавка при старте с ~~но~~ орбиты в 5 раз меньше.

$$5 \left( \sqrt{\frac{2GM}{R}} - \sqrt{\frac{GM}{r}} \right) = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$$5 \cdot (\sqrt{2} - 1) \cdot r^{-\frac{1}{2}} = \sqrt{2} R^{-\frac{1}{2}}$$

$$\left( \frac{R}{r} \right)^{\frac{1}{2}} = \frac{5 \cdot (\sqrt{2} - 1)}{\sqrt{2}} \rightarrow \frac{r}{R} = \left( \frac{5(\sqrt{2} - 1)}{\sqrt{2}} \right)^2 = \frac{25}{2} \cdot (\sqrt{2} - 1)^2 =$$

$$= \frac{25}{2} (2\sqrt{2} - 1) = \frac{25}{2} \cdot 2,8 - 1 = 25 \cdot 0,9 = 22,5 \approx 23 \approx 20$$

Ответ: 20.

§4. Чёрная дыра (ЧД) может терять массу, если её гравитационный радиус меньше радиуса ЧД.

$$R_g = \frac{2GM}{c^2} < R, \text{ потому что иначе в-во не сможет улетать из радиуса ЧД.}$$

Докажем, что ЧД излучает как АЧТ.

Тогда её светимость  $L \propto R^2 \cdot T^4 \propto M^2 \cdot M^{-4} = M^{-2}$

$$R^2 \cdot T^4 \propto R^2 \cdot M^{-4} \propto M^{-2}$$

$$R^2 \propto M^6$$

$$R \propto M^3$$

~~С точностью до констант  $R \propto M^3$~~

$$\frac{2GM}{c^2} \propto M^3 \Rightarrow M^2 \propto \frac{2G}{c^2}$$

4. Чёрная дыра может терять массу только если её гравитационный радиус меньше радиуса самой ЧД.

$$R_g = \frac{2GM}{c^2} = R \leftarrow \text{максимальный радиус, который будет}$$

$$\rho = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi \cdot \frac{8G^3 M^3}{c^6}} = \frac{3}{32\pi} \cdot \frac{c^6}{G^3 \cdot M^2} \quad \text{соотв. минимальной плотности}$$

Осталось оценить массу, но я не читала книжки...  
Поэтому просто найдём коэффициент при  $M^2$ .

$$\frac{3}{32\pi} \cdot \frac{c^6}{G^3} = \frac{(3 \cdot 10^8)^6}{32 \cdot (6,67 \cdot 10^{-11})^3} = \frac{3^6}{32 \cdot 7^3} \cdot \frac{10^{48}}{10^{-33}} = \frac{730}{32 \cdot 343} \cdot 10^{81} = \frac{1}{16} \cdot 10^{81} \text{ кг}^2/\text{м}^3$$