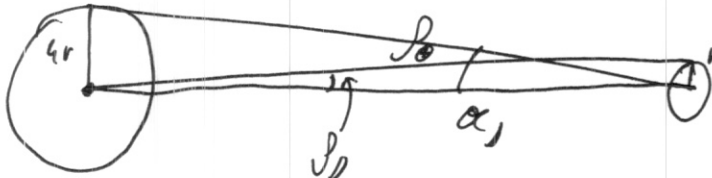


Заметим, что Земля поднималась над горизонтом ^{примерно} ~~на 40 см~~ под прямым углом. Такое может наблюдаться рядом с экватором, отсюда делаем вывод, что аппарат обращается вокруг Луны примерно в плоскости экватора.

Теперь найдем угловую скорость, с которой Земля поднималась над горизонтом. Для этого нам надо измерить масштаб изображения.



$$\beta_0 \approx \frac{r}{\alpha_1}$$

$$\beta_\oplus \approx \frac{cr}{\alpha_1} \approx 4\beta_0$$

β_0 - угловой радиус Луны; β_\oplus - угл. рад. Земли
 α_1 - расет. от Земли до Луны.
 раз линейной радиус Земли в 4 раза больше, ~~то~~ расстояние до Земли такое же, как от Земли до Луны, то угловой радиус Земли будет в 4 раза больше лунного.

как мы знаем,

$$\beta_0 \approx 0,25^\circ$$



$$\beta_\oplus \approx 4 \cdot 0,25^\circ = 1^\circ$$

$$\delta_\oplus = 2\beta_\oplus = 2^\circ \leftarrow \text{угл. диаметр Земли.}$$

Последние 3 см или 3 градуса

или 3 градуса

или 3 градуса



или 3 градуса
 на последнюю 3 градуса Земли достаточно приглядеться, чтобы увидеть полностью её фазы.

числовых.

Тогда измерим размер Земли на нескольких
3 фото. Рассчитаем масштаб фото $\mu = \frac{d_{\oplus}}{D_{\oplus}}$, где

d_{\oplus} - угл. радиус Земли; D_{\oplus} - линейный диаметр на фото.
получим для всех 3 фото $\mu \approx \frac{4872''}{1,6 \text{ см}} \approx 42 \text{ } \mu\text{с/см}$.

Т.е. получились примерно равные масштабы, то
будет считаться для все фото одного масштаба.

Тогда измерим угл. смещение след. образом!

$$\omega = \frac{\Delta x}{\Delta t} \approx \frac{x_2 - x_1}{\Delta t} = \frac{1,7''}{8 \cdot 60 \text{ с}} = \frac{1,7''}{32 \text{ с}}$$

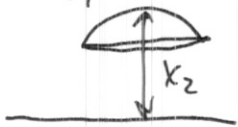
фото 2



$x_1 \approx 0,9 \text{ см}$. $\mu = 0,4 \cdot 42 \text{ } \mu\text{с/см} \approx 0,168''$

$\Delta x = 4,8 - 0,9 = 3,9 \text{ см}$
 $\Delta x = 3,9 \cdot 0,168'' \approx 0,655''$

фото 6



$x_2 \approx 1,8 \text{ см}$. $\mu = 1,8 \cdot 42 \approx 75,6''$

$\Delta x = 4,8 - 1,8 = 3,0 \text{ см}$
 $\Delta x = 3,0 \cdot 0,168'' \approx 0,504''$

измерим радиус от верхней точки Земли до горизонта
и б.о.м. найдём их разность и поделим на время. Получим скорость.
1-ое фото не использовали, т.е. там Земля под горизонтом.

$$\omega = \frac{1,7''}{32 \text{ с}} \approx \frac{1,7 \cdot \pi}{32 \cdot 180} \cdot \frac{\text{рад}}{\text{с}} \approx \frac{0,57}{10,18} \cdot \frac{\text{рад}}{\text{с}} \approx 0,056 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$\frac{3}{100 \cdot 72} \frac{\text{рад}}{\text{с}} \approx \frac{1}{11 \cdot 100} \frac{\text{рад}}{\text{с}} = \frac{1}{11} \cdot 10^{-2} \frac{1}{\text{с}} \approx 0,09 \cdot 10^{-2} \frac{1}{\text{с}} \approx 9 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{с}}$$

~~Предположим собственная~~ ~~время~~ ~~Луны~~ ~~т.е.~~
посчитаем угл. см. собств. вращ. Луны

$$\omega_{\text{л}} = \frac{2\pi}{27,5 \cdot 24 \cdot 60} \approx \frac{6,3}{27,5 \cdot 24 \cdot 3600} \frac{1}{\text{с}} \approx \frac{1}{27,5 \cdot 24 \cdot 600} \frac{1}{\text{с}} \approx \frac{1}{2,8 \cdot 24 \cdot 6} \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{с}} \approx$$

$$\approx \frac{1}{67 \cdot 6} \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{с}} \approx \frac{1}{40} \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{с}} \approx 0,25 \cdot 10^{-4} \frac{1}{\text{с}} = 2,5 \cdot 10^{-5} \frac{1}{\text{с}}$$

см. [4] на след. листе

числовик

получили

скор. рвж. Земли в неде $\omega \approx 8 \cdot 10^{-4} \frac{1}{c}$

~~скор. Луны~~ угл. мер. вращ. Луны = $\omega_1 \approx 2,5 \cdot 10^{-5} \frac{1}{c}$

$$\frac{\omega}{\omega_1} \approx \frac{8 \cdot 10^{-4}}{2,5 \cdot 10^{-5}} = \frac{8}{2,5} \cdot 10^2 \approx 3,2 \cdot 10^2 = 320 \text{ раз}$$

угл. скор Луны меньше скор. Земли в неде в ~ 320 раз, поэтому ей "предобращаем"

Тогда скор. грав. Земли в неде будет равняться угловой скорости вращения аппарата вокруг Луны.

$$\omega_{\text{анн}} = \omega \quad \omega_{\text{анн}} = \frac{\sqrt{\frac{GM}{R}}}{R} \approx \frac{\sqrt{GM}}{\sqrt{R^3}} \quad R - \text{радиус орбиты аппарата}$$

$$\omega_{\text{анн}}^2 \approx \frac{GM}{R^3} \quad R^3 = \frac{GM}{\omega_{\text{анн}}^2} \quad R = \sqrt[3]{\frac{GM}{\omega_{\text{анн}}^2}}$$

$$M \approx \frac{M_0}{81}$$

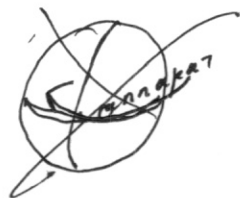
$$R^3 = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{M_0}{81}}{(8 \cdot 10^{-4})^2} \approx \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{6 \cdot 10^{24}}{81}}{81 \cdot 10^{-8}} =$$

$$\frac{6,67 \cdot 6 \cdot 10^{-11+24-11+8}}{81^2} \approx \frac{40}{81^2} \cdot 10^{21} \approx \frac{40}{3^8} \cdot 10^{21} \approx \frac{40}{6500} \cdot 10^{21} = \frac{4}{6,5} \cdot 10^{21+1-3} \approx$$

$$\frac{4}{6,5} \cdot 10^{19} \approx 0,6 \cdot 10^{19} \approx 6 \cdot 10^{18}$$

$$R \approx \sqrt[3]{6 \cdot 10^{18}} \text{ м} \approx 10^6 \sqrt[3]{6} \text{ м} \approx 10^6 \cdot 1,5 \text{ м} \approx 1,5 \cdot 10^6 \text{ м} = 1500 \text{ км}$$

$$\omega = \frac{1,7^\circ}{32c} \approx \frac{1,7}{60 \cdot 32} \frac{1}{c} \approx \frac{0,053}{60} \frac{1}{c} \approx \frac{1}{1200} \frac{1}{c} \approx 0,0008 \frac{1}{c} = 8 \cdot 10^{-4} \frac{1}{c}$$



~~Лунный результат несколько меньше радиуса Луны ($\frac{R_0}{2} \approx \frac{6500}{2} \approx 3250 \text{ км}$)~~
 Это не так получается из-за вычисления высоты аппарата над Луной скорее всего достаточно помешивать

в сторону.

~~Wann~~

$$W_{\text{ж}} R^3 \approx \frac{G M}{W_{\text{ж}}} \approx \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{(81)} \approx \frac{40}{64 \cdot 81} \cdot 10^{24-11+8} \approx \frac{40}{64 \cdot 81} \cdot 10^{21} \approx \frac{10}{16 \cdot 81} \cdot 10^{21} \approx \frac{10^{22} \cdot 10^{-2}}{1,6 \cdot 81} \approx$$

$$\approx \frac{6,67 \cdot 6}{64 \cdot 81} \cdot 10^{24-11+8} \approx \frac{40}{64 \cdot 81} \cdot 10^{21} \approx \frac{10}{16 \cdot 81} \cdot 10^{21} \approx \frac{10^{22} \cdot 10^{-2}}{1,6 \cdot 81} \approx$$

$$\approx 10^{20} \cdot \frac{1}{13} \approx 10^{20} \cdot 0,076 \approx 10^{20} \cdot 0,08 \approx 8 \cdot 10^{18} \text{ м}^3$$

$\begin{array}{r} 8,1 \\ \times 16 \\ \hline 12,96 \end{array}$	$\begin{array}{r} 100 \overline{) 13} \\ - 91 \\ \hline 80 \\ - 72 \\ \hline 8 \end{array}$
---	---

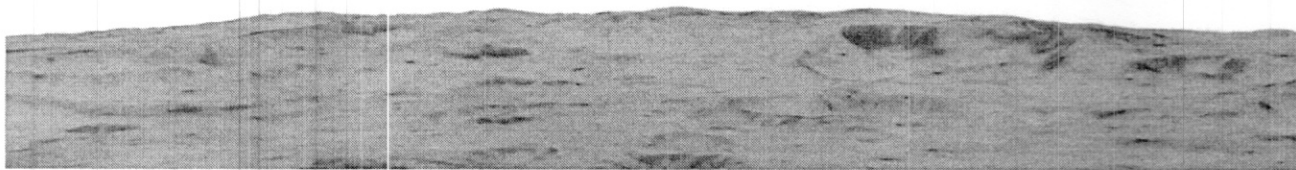
$$R \approx \sqrt[3]{8 \cdot 10^{18}} \text{ м} = 10^6 \sqrt[3]{8} \text{ м} = 2 \cdot 10^6 \text{ м} = 2 \cdot 10^3 \text{ км} = 2000 \text{ км}$$

H - высота над поверхностью Луны.
 $R_{\text{л}}$ - радиус Луны; $R_{\text{ж}}$ - радиус Земли

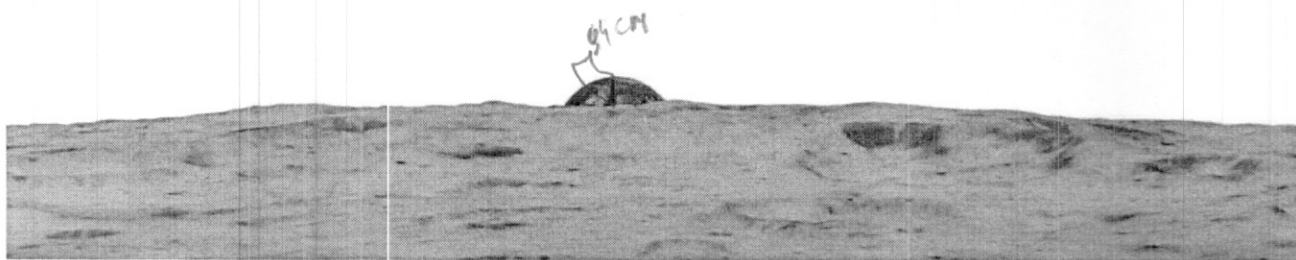
$$H = R - R_{\text{л}} \approx \left(2000 - \frac{R_{\text{ж}}}{4} \right) \approx \left(2000 - \frac{6400}{4} \right) \text{ км} \approx 2000 - 1600 = 400 \text{ км}$$

ответ: 400 км примерно на высоте 400 км над поверхностью Луны.

0



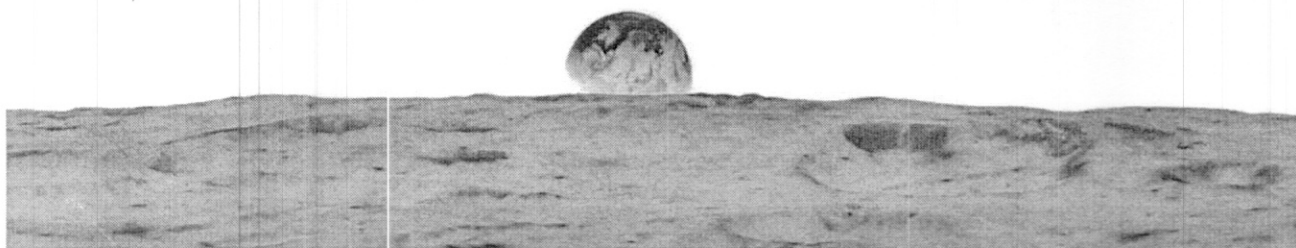
8



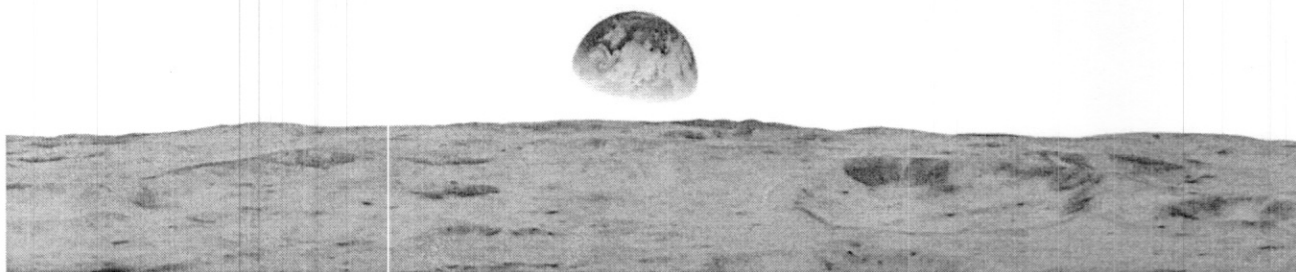
16



24



32



40

