

I. Чтобы найти фазовую скорость спутника, необходимо оценить видимую сферичность вращения и время восхода Луны.

12756 км ~ 1,7 см ~

~ 2° 08', где 2° 08' - видимый размер Земли с орбиты Луны.

Эти данные, используя для проверки

Рисунков 6, можно оценить время восхода $t = 48$ секунд.



Рис. 1

II.

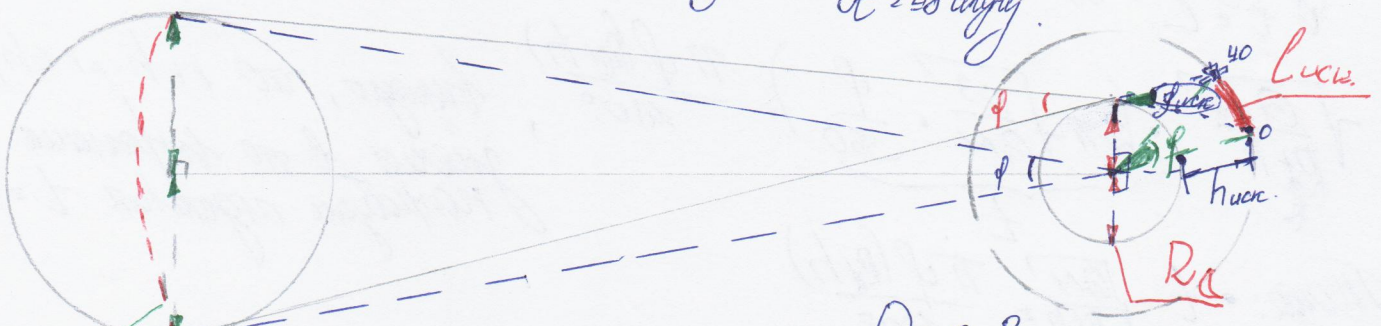


Рис. 2.

Время восхода диска Луны равно времени движения спутника по дуге его орбиты.

1. Для того, чтобы найти длину дуги орбиты, нужно найти угол ψ , под которым наблюдается диаметр Земли (см. Рис. 2)

По теореме Пифагора стороны a равны:

$$|a| = \sqrt{(384 \cdot 10^3)^2 + (6,378 \cdot 10^3)^2} \approx \sqrt{1,60041 \cdot 10^7} \approx 390 \text{ тыс. км.}$$

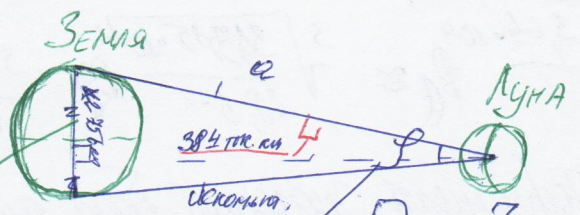


Рис. 3.

Тогда по теореме косинусов:

$$\psi = \arccos \left(\frac{6400^2 - 2 \cdot 405000^2}{-2 \cdot 405000^2} \right) \approx 0,9976 \approx 1,87^\circ$$

Искомый угол ψ (на рис. 2) равен ψ , так как они окружены на одну и ту же дугу окружности радиуса $R_{\text{Луны}}$.

2. Так как мы знаем ψ , то мы знаем $\psi_{\text{диск}}$ (см. Рис. 2), т.к.

$\psi = \psi_{\text{диск}}$ (как вертикальные) и он не равен центральному углу ψ (т.к. окружены на одну дугу).

здесь и далее будут использованы эти значения.

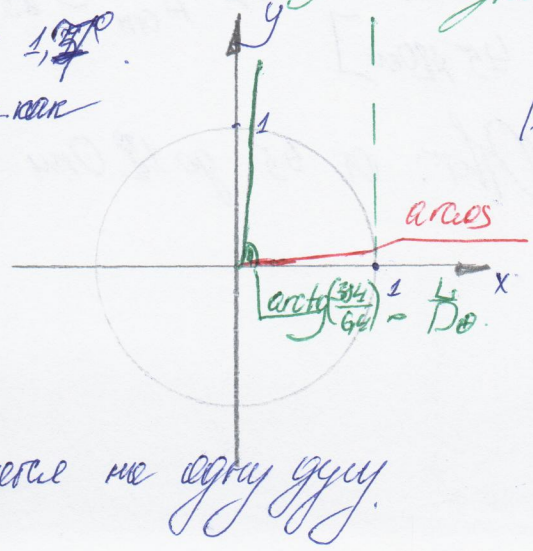


Рис. 4

2. Искомая длина дуги Луны равна $= \frac{\pi \varphi R_{\text{Л}}}{180^\circ} = \frac{\pi \varphi (R_{\text{З}} + h_{\text{Л}})}{180^\circ}$

Из рисунка следует что спутник движется по окружности радиусом $R_{\text{З}} + h_{\text{Л}}$. Значит по скорости

$v = \sqrt{\frac{GM}{R_{\text{З}} + h_{\text{Л}}}}$; (1)

Период обращения равен $T = 2\pi \sqrt{\frac{(R_{\text{З}} + h_{\text{Л}})^3}{GM}}$, время вращения Земли будет целую эпоху периода, или: $\frac{t_{\text{пол}}}{T} = \frac{\varphi}{360^\circ} = \frac{L}{2\pi R_{\text{З}}}$ (2)

Тогда длина дуги может быть выражена:

$\sqrt{\frac{GM}{R_{\text{З}} + h}} \cdot \left(2\pi \sqrt{\frac{(R_{\text{З}} + h)^3}{GM}} \cdot \frac{\varphi}{360} \right) = \frac{\pi \varphi (R_{\text{З}} + h)}{180^\circ}$, вынеси, во $R_{\text{З}} + h = r + h$, множая в это выражение на $R_{\text{З}}$ получим $t = 48 \text{ с}$.

Тогда: $t \sqrt{\frac{GM}{R_{\text{З}} + h}} = \frac{\pi \varphi (R_{\text{З}} + h)}{180^\circ}$
 $\frac{48^2 GM}{R_{\text{З}} + h} = \frac{\pi^2 \varphi^2 (R_{\text{З}} + h)^2}{180^2}$, $(R_{\text{З}} + h)^3 = \frac{180^2 \cdot 48^2 \cdot GM_{\text{З}}}{\pi^2 \varphi^2}$, $M_{\text{З}} = \frac{1}{81} M_{\text{Ю}} = \frac{5,972 \cdot 10^{24}}{81} \approx 7,4 \cdot 10^{22} \text{ кг}$

Отсюда: $h = \sqrt[3]{\frac{180^2 \cdot 48^2 \cdot GM_{\text{З}}}{\pi^2 \varphi^2}} - R_{\text{З}} = \sqrt[3]{\frac{2,304 \cdot 10^3 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 7,4 \cdot 10^{22} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{с}^{-2}}{9,86 \cdot 2,89^{\circ^2}}}$

$\frac{3,24 \cdot 10^4}{R_{\text{З}}} \approx \sqrt[3]{\frac{35385 \cdot 10^{18}}{28,5}} \cdot R_{\text{З}} \approx \sqrt[3]{12,4 \cdot 10^{18}} \cdot R_{\text{З}} \approx 10^6 \text{ м} - 1,9 \cdot 10^6 \text{ м} \approx 9,9 \cdot 10^5 \text{ м} \approx 80 \text{ км}$

3. Поверхность земной Луны считается полностью вращающейся и поэтому определяем предельную функцию функции, тогда:

$\varphi \in [1,5; 19]$ $\rightarrow A_{\text{отн}} \approx 45\%$
 $h \in [45; 180 \text{ км}]$

Отв: от 45 до 180 км (80)