

N2

80

Чтобы определить на какой высоте летит аппарат, нам нужно найти его скорость. Это можно сделать, ~~определив~~ с помощью спутников восходящей над горизонтом Луны Земли.

Для начала найдем масштаб фотографии.

$$\text{Угловой диаметр } \delta_{\oplus} = \frac{2R_{\oplus}}{l} = \frac{12800 \text{ км}}{384000 \text{ км}} = \frac{128}{384} \cdot 10^{-1} \text{ рад} = \frac{1}{3} \cdot 10^{-1} \text{ рад}.$$

На рисунке диаметр Земли равен  $d_{\oplus} = 1,7 \text{ см}$ . Тогда масштаб

$$M = \frac{1}{30 \cdot 1,7} = \frac{1}{510} \approx 0,002 \text{ рад/см}.$$

Из фото видно, что Земля восходит под углом  $90^\circ$  к горизонту. Значит, космический аппарат движется непосредственно <sup>по</sup> направлению на Землю.

Из рисунка видим расстояние  $l$  и  $3$ -й спутник <sup>увидит</sup>, что Земля восходит со скоростью  $\frac{0,4 \text{ см}}{8 \text{ с}} = 0,05 \text{ см/с}$  или <sup>с угловой скоростью</sup>  $M \cdot 0,05 \text{ см/с} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-2} =$

$$= 10^{-4} \text{ рад/с}$$

$\omega$  аппарата равна  $\omega_{\oplus}$ .

$$\omega = \sqrt{\frac{GM_{\oplus}}{(R_{\oplus}+h)^3}} \Rightarrow (R_{\oplus}+h)^3 = \frac{GM_{\oplus}}{\omega^2}$$

$$(R_{\oplus}+h)^3 = \frac{6,7 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \cdot 7,4 \cdot 10^{22} \text{ кг}}{10^{-8} \text{ рад/с}^2}$$

$$(R_{\oplus}+h)^3 \approx 50 \cdot 10^{19} \text{ м}^3$$

$$(R_{\oplus}+h)^3 \approx 500 \cdot 10^{18} \text{ м}^3 \quad (\delta^3 = 512 \approx 500)$$

$$R_{\oplus}+h \approx 8 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$h = 8 \cdot 10^6 \text{ м} - 1,6 \cdot 10^6 \text{ м} \approx 6,4 \cdot 10^6 \text{ м} = 6400 \text{ км}$$

Ответ:  $h \approx 6400 \text{ км}$ .

$$M_{\oplus} = \frac{M_{\odot}}{31} \approx 7,4 \cdot 10^{22} \text{ кг}$$

$$R_{\oplus} = \frac{R_{\odot}}{4} = 1,6 \cdot 10^6 \text{ м}$$

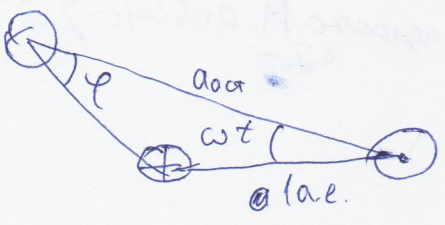


М

Измерив прямоугольный треугольник между замерами поправки к фазовому углу, можно понять, что измерение проводилось равно через год, т.е. 27.07.2002, 27.07.2003 и т.д.  $\left( \frac{2,2}{3} \cdot 500 = \frac{11}{3} \cdot 100 \approx 3,67 \cdot 10^2 = \approx 1 \text{ год} \right)$

Year	$t$	$\Delta\varphi$	Calculation
2001	0	0	
2002	1	14°	$\frac{0,4}{1,4} \cdot 50 = \frac{20}{1,4} \approx \frac{200}{14} \approx 14^\circ$
2003	2	60°,7	$\frac{1,7 \cdot 50}{1,4} = \frac{850}{14} = \frac{425}{7} \approx 60,7$
2004	3	110°,2	$\frac{3,1 \cdot 50}{1,4} = \frac{1550}{14} \approx 110,7$
2005	4	221°,4	$\frac{6,2 \cdot 50}{1,4} = \frac{3100}{14} \approx 221,4$

Зависимость фазового угла от времени при равномерном движении:



$$\frac{\sin(180^\circ - \varphi - \omega t)}{a \cos \varphi} = \frac{\sin \varphi}{a \sin \varphi}$$

$$\sin(\varphi - \omega t) = a \cos \varphi \sin \varphi$$

$$\sin \varphi \cos \omega t + \cos \varphi \sin \omega t = a \cos \varphi \sin \varphi / \sin \varphi$$

$$\cos \omega t + \operatorname{ctg} \varphi \sin \omega t = a \cos \varphi$$

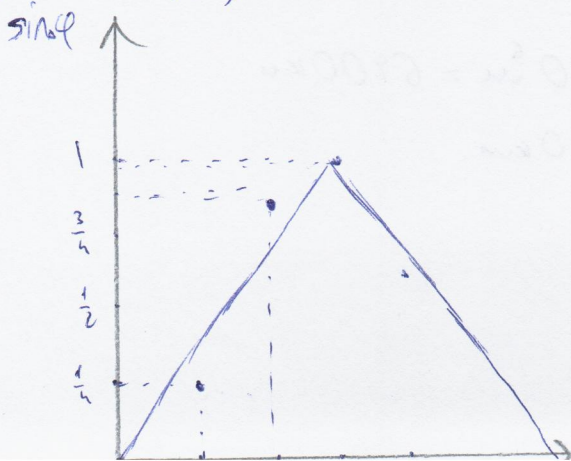
$$\operatorname{ctg} \varphi = \frac{a \cos \varphi}{\sin \omega t} - \operatorname{ctg} \omega t$$

$$\varphi = \arccot \left( \frac{a \cos \varphi}{\sin \omega t} - \operatorname{ctg} \omega t \right)$$

Результат:

$$\varphi = \arccot \left( \frac{a \cos \varphi}{\sin \omega t} - \operatorname{ctg} \omega t \right) + \Delta \varphi(t)$$

зависимость  $\varphi(t)$  есть обратная тригонометрия.



$$\sin(\varphi(t)) = kt$$

$$k \approx \frac{1}{3}$$

$$\Delta \varphi(t) = \arcsin \frac{1}{3} t, \quad t \in [2]$$

М (предмет)

Подобные неравномерности возможны из-за гравитационного воздействия массивных планет на астероид. Юпитер и Венера Юпитера на движение астероидов в поясе астероидов очень велико.

80



