

1. Графиком зависимости разворота улья от времени будет являться сумма графиков: 1) поправки к развороту улья от времени; 2) и графика равномерного вращения.

Анализируя график получаем что поправка в 2002 году была равна  $18^\circ$ ; поправка в 2003 году -  $57^\circ$ ; в 2004 году -  $128^\circ$ ; в 2005 году -  $221^\circ$

за первый год поправка изменилась на  $18^\circ$   
 за второй год на  $39^\circ$   
 за третий год на  $71^\circ$   
 за четвертый год на  $93^\circ$

Получаем ~~данные~~ что изменение поправки это линейная зависимость, а значит вращение вокруг своей оси увеличивается с постоянным ускорением.

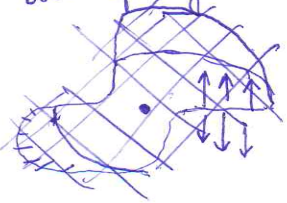
Сам график зависимости будет являться квадратичной функцией. так как график равномерного вращения вращение это линейная функция и оно только не-  
 сколько сделает график криве, но все еще квадратичной функцией

Скорее всего астероид является телом неправильной так как шар ускоряет <sup>эллипсоидное</sup> под действием силы не-равномерной под некоторым углом к центру масс что позволяет равномерно увеличивать вращательный момент.

Астероид находится в Солнечной системе поэтому на него могут действовать только силы тяготы для Солнечной системы.

Сила изменяющая вращательный момент не может быть очень большой, поэтому астероид должен обладать малой массой, для столь быстрого изменения.

Возможны ~~два~~ <sup>три</sup> варианта ~~применения~~ <sup>применения</sup> астероида  $L = S \cdot T^4$  астероид является каменным ~~шаром~~ <sup>телом</sup> но ~~свойствами~~ <sup>свойствами</sup> к ~~близости~~ <sup>близости</sup> термину ~~температура~~ <sup>температура</sup>



Более горячая сторона излучает ~~лучи~~ <sup>лучи</sup> (которые излучаются с некоторым ~~интенсивностью~~ <sup>интенсивностью</sup>) этот ~~интенсивность~~ <sup>интенсивность</sup> ~~увеличивается~~ <sup>увеличивается</sup> в ~~вращении~~ <sup>вращении</sup> ~~излучении~~ <sup>излучении</sup> ~~Появляется~~ <sup>Появляется</sup> реактивная тяга.

2. По рисунку мы видим, что видимый диаметр Земли 17 мм. Также по снимкам мы видим, что за 24 секунды Земля поднялась на 11 мм.

$R_3$  - условный размер Земли

$\rho_3 \approx \frac{d_3}{R_{3A}} \approx \frac{1}{30}$  (рад).  $d_{3A} = 384000$  км  $\rho = 2 \arcsin \frac{R_A}{h+R_A}$   
мм около 2°  $d_3 = 12800$  км

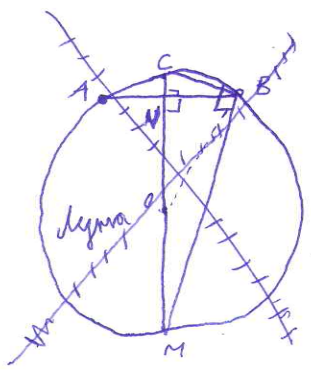
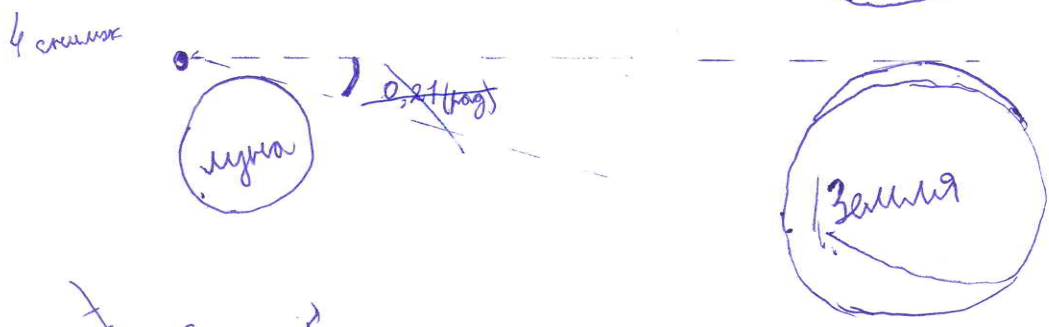
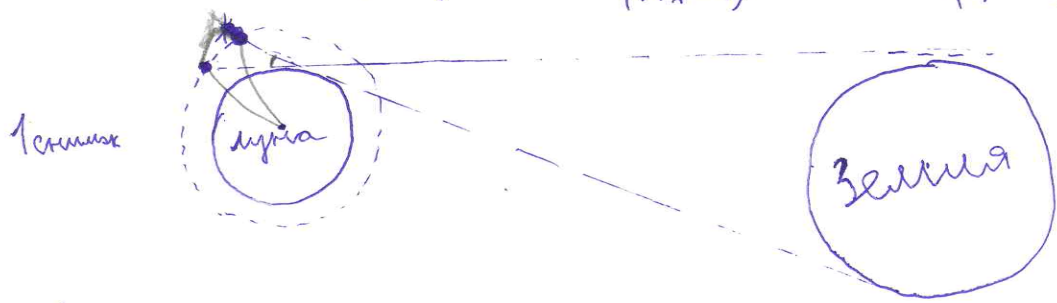
$\omega_3$  - угловая скорость Земли; мы можем на столь малом протяжении считать ее равномерной

$\frac{11 \text{ мм}}{x} = \frac{17}{\frac{1}{30}}$ ;  $x = 0,21$  (рад)  
 $\omega_3 = \frac{0,21 \text{ рад}}{24 \text{ с}} \approx 0,009$  (рад/с)

Прямые линии за данные промежутки времени неизменны.

Круговая скорость спутника

$$v_{кр} = \sqrt{G \frac{M_3}{81(R+h)}} = \frac{1}{9} \sqrt{\frac{GM_3}{(R_1+h)}} = \frac{1}{9} \sqrt{\frac{GM_3}{(\frac{R_3}{4}+h)}}$$



$AB = 17,2$  мм  
 $CN = 3$  мм  
 $\angle CBN \approx \text{tg} \angle CBN \approx \frac{CN}{NB} \approx \frac{3}{86}$  (рад)  
 $\angle CBN = \angle CMB = \frac{3}{86}$  (рад)  
 $CB \approx NB$   
 $\angle CMB \approx \sin \angle CMB = \frac{CB}{2CO}$ ;  $2CO = \frac{86^2}{3} = 4396$   
 $CO = 1232,67$  мм

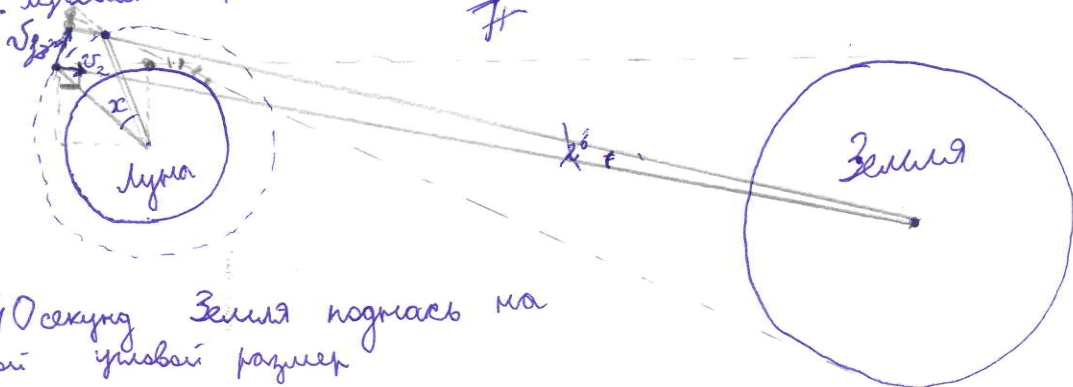
$\rho_x$  в  $17 \text{ мм} = \frac{1}{30}$  рад  $\rho_x \approx \frac{1232,67 \cdot 2}{17 \cdot 30} \approx 72,52 \approx 1,8$  (рад)  
 $\frac{R}{R+h} \approx \frac{\sqrt{2}}{2}$   $h \approx \frac{R_3}{4} \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{2}}{2} \approx \frac{600 \text{ км} \cdot \sqrt{2}}{2} \approx \frac{84}{30} \cdot 180 = 137$

$$\omega \left( \frac{R_3}{4} + h \right) = \frac{1}{9} \sqrt{\frac{GM_3}{\frac{R_3}{4} + h}}$$

$$\omega_1 = \frac{1}{9} \sqrt{\frac{GM_3}{\left( \frac{R_3}{4} + h \right)^3}} ; \quad \omega_1 - ?$$

$\omega_1$  - угловая скорость вращения спутника вокруг Луны

Луна  $\omega_1 = \frac{x}{t}$  ;  $t = 40$  секунд  
 $v_3$  - скорость  $\checkmark$  отн. Земли (марс.)  
 $v_2$  - линейная скорость



за 40 секунд Земля поворачивает на свой угловой размер

$$\beta_3 \approx 2^\circ$$

$$\frac{T_1^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G(M + \frac{1}{81}M)} ; \quad T_1 = 27,3 \text{ сут.}$$

$$a = \sqrt[3]{\frac{T_1^2 \cdot G(M + \frac{1}{81}M)}{4\pi^2}} \approx 384000 \text{ км}$$

$$\frac{v_3}{a} = \omega_3 = 0,009$$

$\alpha = 2^\circ$  - размер Земли

$2^\circ - 40 \text{ сек}$

$360^\circ \sim x$  ;

$$x = 7200 \text{ сек} ; \quad T' = 7200 \text{ сек}$$

$$T' = \frac{2\pi R_{сп}}{v} ; \quad R_{сп} = \frac{R_3}{4} + h$$

$$T' = \frac{2\pi R_{сп} \cdot 9 \cdot \sqrt{R_{сп}}}{\sqrt{GM_3}} ; \quad R_{сп}^{\frac{3}{2}} = \frac{T' \cdot \sqrt{GM_3}}{9 \cdot 2\pi}$$

$$R_{сп} = \sqrt[3]{\frac{T'^2 \cdot GM_3}{81 \cdot 4\pi^2}} = \sqrt[3]{\frac{7200^2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{81 \cdot 4 \cdot 3,14^2}} =$$

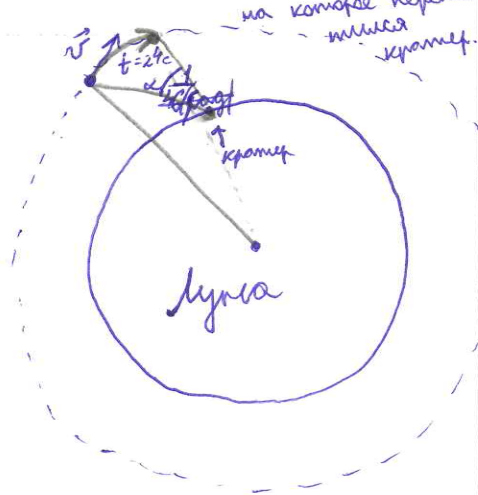
$$= \sqrt[3]{\frac{10^{15} \cdot 72 \cdot 6,67 \cdot 6 \cdot 7200}{81 \cdot 4 \cdot 3,14^2}} = 10^5 \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 8 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 7200}{3 \cdot 9 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 3,14}} \approx 10^5 \sqrt[3]{6500} =$$

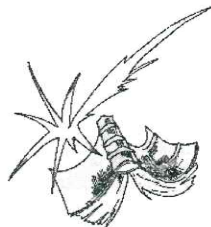
Ответ.  $\approx 18,6 \cdot 10^5 = 1860 \text{ км}$

Так как реальный радиус Луны несколько больше, значит высота спутника окажется меньше

$R_{сп} = \frac{R_3}{4} + h ; \quad h = -\frac{6400}{4} + 1860 = 260 \text{ км}$

$\alpha = \frac{6 \text{ км}}{17 \text{ км}} \cdot \frac{1}{50} \approx \frac{1}{85} (\text{град})$   
 на которое переведена линейная скорость.



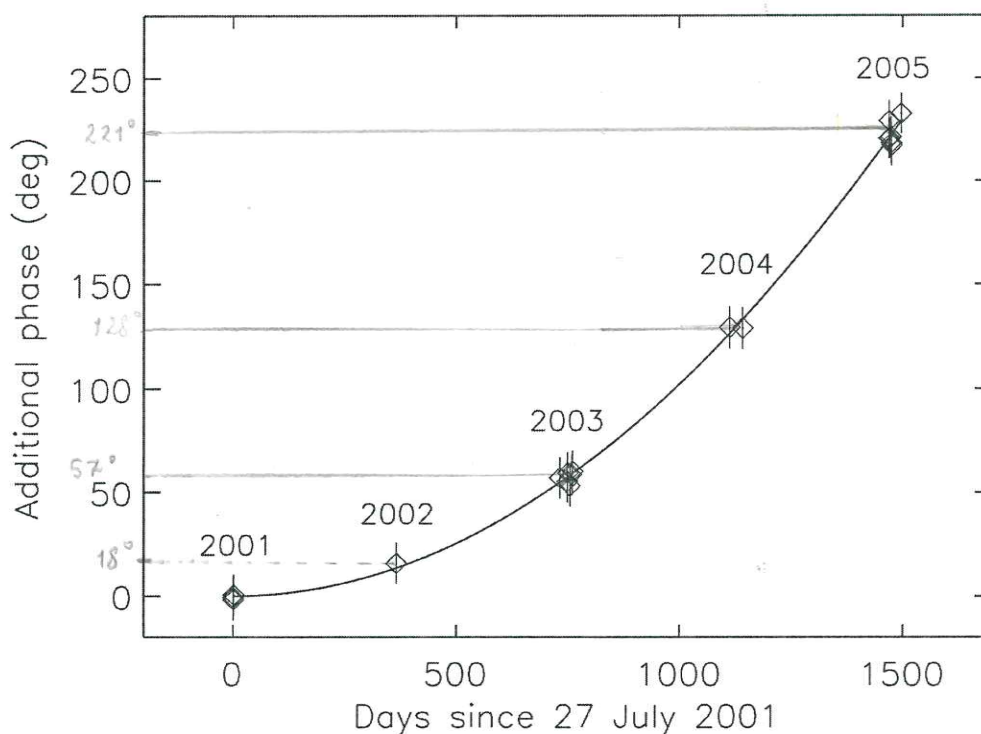


XXVI Санкт-Петербургская  
астрономическая олимпиада  
практический тур

2019  
3  
марта

11 класс

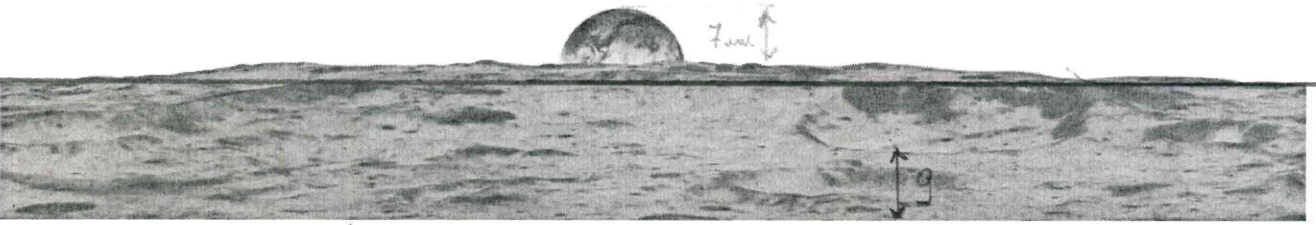
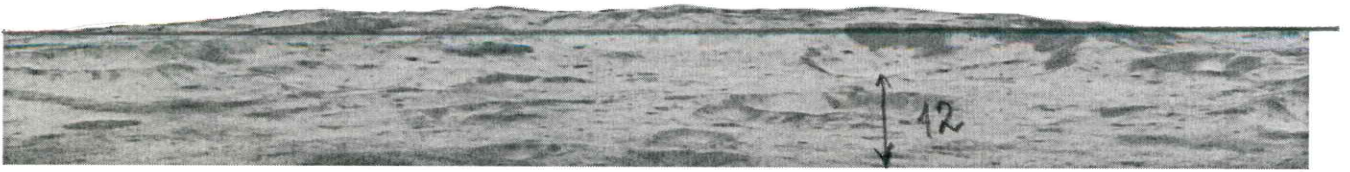
1. Астероид 54509 YORP неравномерно вращается вокруг своей оси. На графике ниже показана поправка к фазовому углу в градусах (как функция времени), которую необходимо добавлять к зависимости фазового угла от времени для равномерного вращения, чтобы результат соответствовал наблюдательным данным. Определите вид зависимости наблюдаемого фазового угла от времени и найдите параметры этой зависимости. Предложите возможные причины подобной неравномерности.



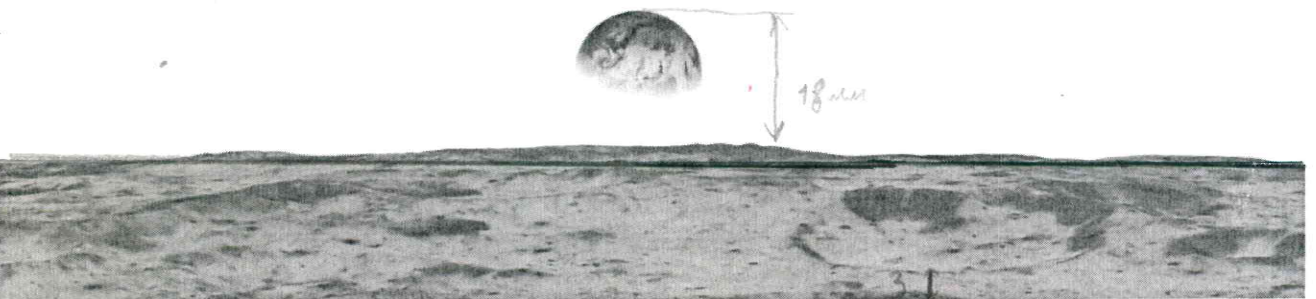
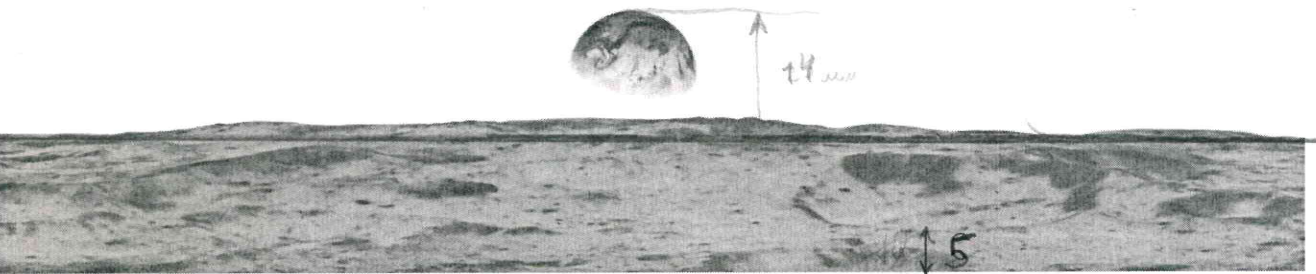
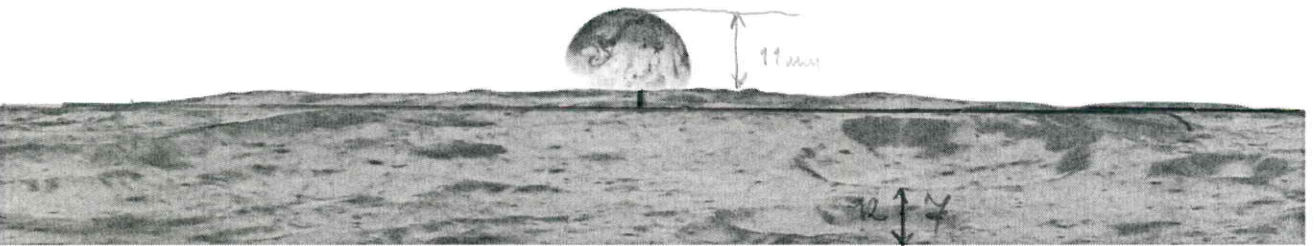
По оси абсцисс отложено время в сутках (начиная с 27 июля 2001 года), по оси ординат — поправка к фазовому углу в градусах. Подписи к точкам на графике — год получения соответствующих данных.

2. Серия снимков Земли на следующей странице была сделана космическим аппаратом, движущимся по круговой орбите вокруг Луны. Оцените, на какой высоте над поверхностью Луны летел аппарат, если известно, что интервал времени между соседними снимками равняется 8 секундам. Можно считать, что масса Луны в 81 раз меньше массы Земли, а диаметр — в 4 раза меньше диаметра Земли.

CTE-2



7mm



18mm