

ДВИЖЕНИЕ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ ТЯГОТЕНИЯ



Выполнила: Бадина М.Н.,
учитель физики МБОУ СШ №2



МАССА ЗЕМЛИ

$$g = G \frac{M}{r^2}$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

M - масса земли

r - радиус Земли

$r = 6\,370 \text{ км} = 6\,370\,000 \text{ м}$

G - Гравитационная постоянная

$G = 6,67428(67) \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1}$

$$M = \frac{gr^2}{G} = 6 * 10^{24} \text{ кг}$$

ПЛОТНОСТЬ

ЗЕМЛИ

$$\rho = \frac{M}{V}$$

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

M - масса земли

r - радиус Земли

$$r = 6\,370 \text{ км} = 6\,370\,000 \text{ м}$$

$$M = \frac{gr^2}{G} = 6 * 10^{24} \text{ кг}$$

$$\rho = \frac{M}{V} = 5,5 * 10^{24} \text{ кг/м}^3$$



Чему равна плотность Луны, если ее масса в 81 раз, а радиус в 4 раза меньше, чем у Земли?

Дано:

$$M_{\square} = 1$$

$$M_{\circlearrowleft} = 81M_{\square}$$

$$R_{\square} = 1$$

$$R_{\circlearrowleft} = 4R_{\square}$$

?

Решение:

Средняя плотность вещества равна: $\rho = \frac{M}{V}$,

поскольку $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, то можно сказать что

$$\rho \approx \frac{M}{R^3}, \text{ тогда } \frac{\rho_{\circlearrowleft}}{\rho_{\square}} = \frac{M_{\circlearrowleft}}{(R_{\circlearrowleft})^3} : \frac{M_{\square}}{(R_{\square})^3} = \frac{M_{\circlearrowleft}}{M_{\square}} \left(\frac{R_{\square}}{R_{\circlearrowleft}}\right)^3$$

$$\text{Отсюда следует, что } \frac{\rho_{\circlearrowleft}}{\rho_{\square}} = \frac{M_{\circlearrowleft}}{81M_{\square}} \left(\frac{4R_{\square}}{R_{\circlearrowleft}}\right)^3 = 0,8,$$

т.е. средняя плотность Луны всего 0,8 плотности Земли (или $4,4 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$)

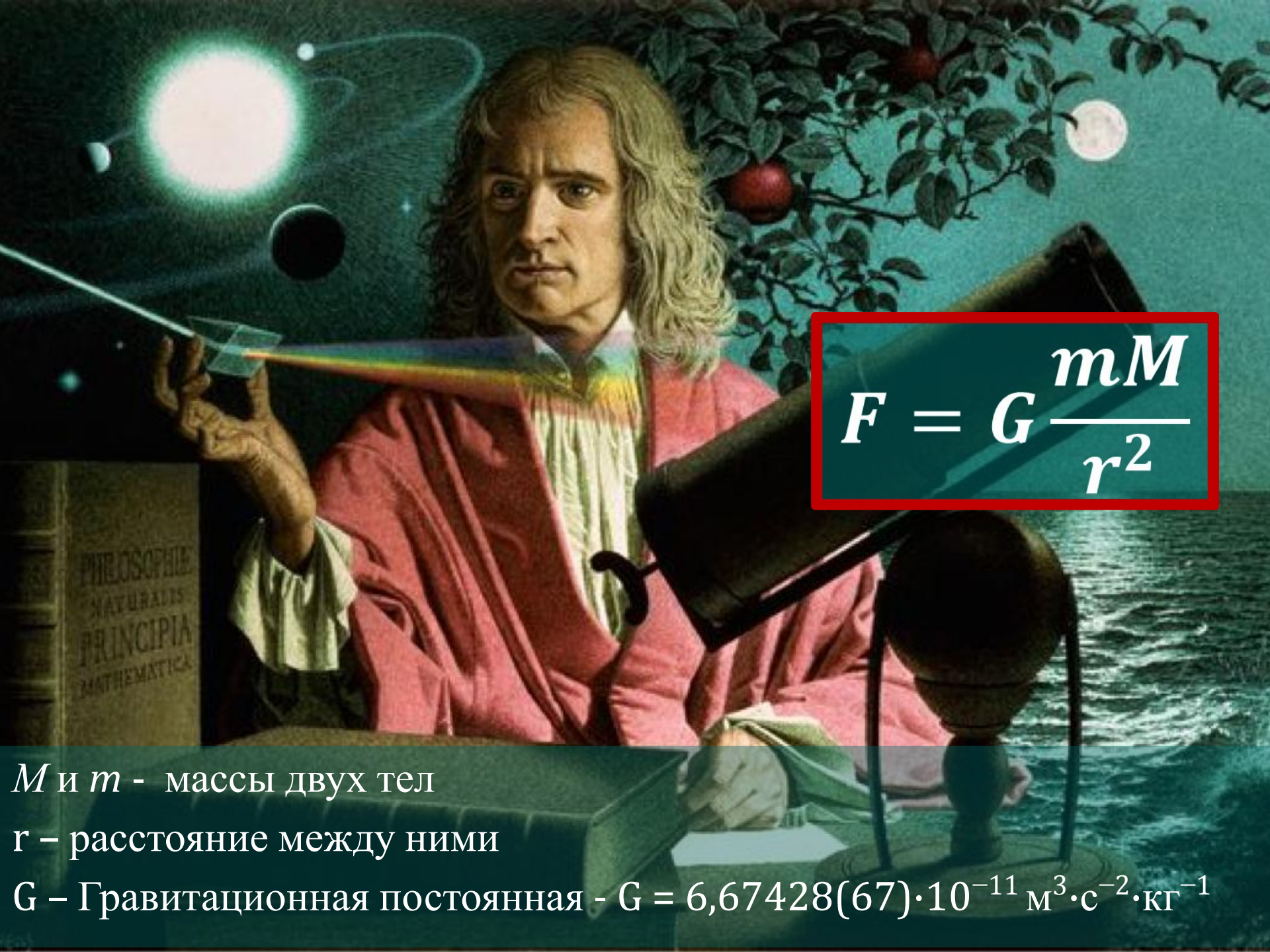
$$\rho_{\square} = 5,5 \cdot 10^{24} \text{ кг/м}^3$$



ЗАКОН ВСЕМИРОНОГО ТЯГОТЕНИЯ

Все тела во вселенной притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними

$$F = G \frac{mM}{r^2}$$



$$F = G \frac{mM}{r^2}$$

M и m - массы двух тел

r - расстояние между ними

G - Гравитационная постоянная - $G = 6,67428(67) \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1}$

Доказательство:

1. $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ - ускорение силы тяжести на поверхности Земли

2. $g = G \frac{M}{r^2}$ - зависимость ускорения свободного падения от расстояния

3. $g_{\text{Л}} = \frac{9,8 \text{ м/с}^2}{3600} = 0,0027 \text{ м/с}^2$ - Центробежное ускорение Луны, находящейся от Земли на расстоянии 60 земных радиусов



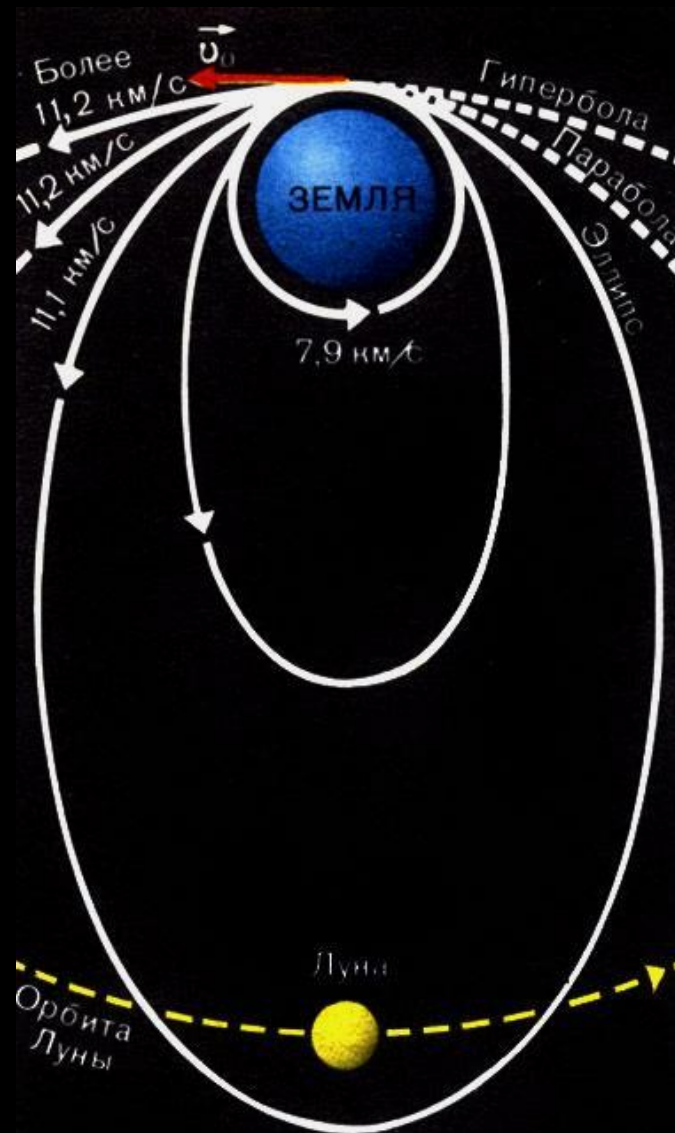
4. $a = \omega^2 r$ - центробежное ускорение тела, движущегося по окружности

$$5. a = \omega_{\text{Л}}^2 60R_{\text{З}} = \frac{2\pi}{T_{\text{Л}}} 60R_{\text{З}} = \frac{2 \cdot 3,14}{2,36 \cdot 10^6 \text{ с}} * 60 * 6400 * 1000 \text{ м} = 0,0027 \text{ м/с}^2$$

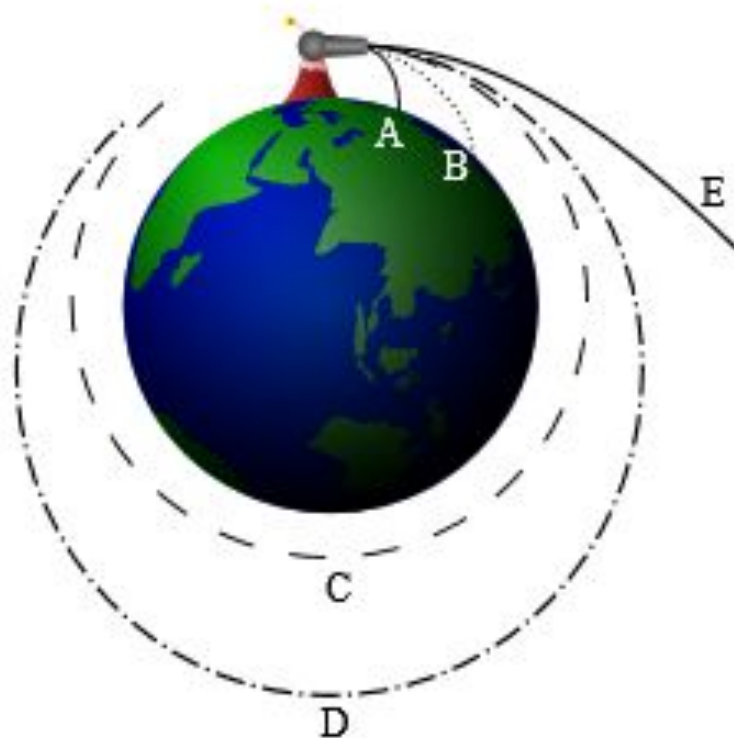
$$a = g$$

Вывод: сила, удерживающая Луну на орбите, есть сила Земного притяжения, ослабленная по сравнению с действующей на поверхности Земли в 3600 раз

КОСМИЧЕСКИЕ СКОРОСТИ И ФОРМА ОРБИТ



ПЕРВАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СКОРОСТЬ



$$ma = G \frac{mM}{r^2}$$
$$m \frac{v^2}{r} = G \frac{mM}{r^2}$$
$$v_1 = \sqrt{G \frac{M}{r}}$$

$$v_1 = \sqrt{G \frac{M}{r + h}}$$

Космическая скорость

— минимальная начальная скорость, которую необходимо придать материальной точке на поверхности небесного тела в отсутствие атмосферы, чтобы:

v_1 — объект стал вращаться по круговой орбите вокруг тела на пренебрежительно малой высоте относительно поверхности;

v_2 — объект преодолел гравитационное притяжение небесного тела, уйдя на бесконечность

v_3 — при запуске с планеты объект покинул планетную систему, преодолев притяжение звезды;

v_4 — при запуске из планетной системы объект покинул галактику.

КОСМИЧЕСКАЯ СКОРОСТЬ

ФОРМУЛА

ЗНАЧЕНИЕ

ВИД ТРАЕКТОРИИ

Первая

$$v_1 = \sqrt{G \frac{M}{r+h}}$$

>7,9 км/с

эллипс, $0 < e < 1$

≈7,9 км/с

круг, $e=0$

эллипс, $0 < e < 1$

Вторая

≈11,2 км/с

парабола, $e=1$

гипербола, $e > 1$



Невозмущенное движение – движение, строго подчиняющееся законам Кеплера.

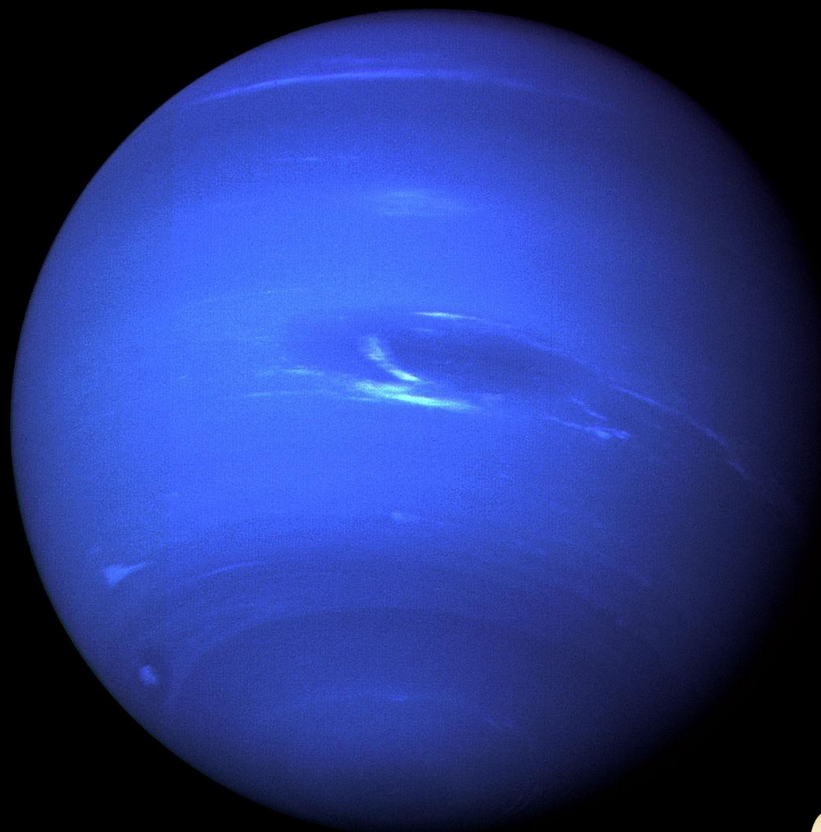
ЗАДАЧА ДВУХ ТЕЛ

ЗАДАЧА ТРЕХ И БОЛЕЕ ТЕЛ

Возмущенное движение – истинные движения небесных тел, получающиеся в результате отклонения от невозмущенных орбит.



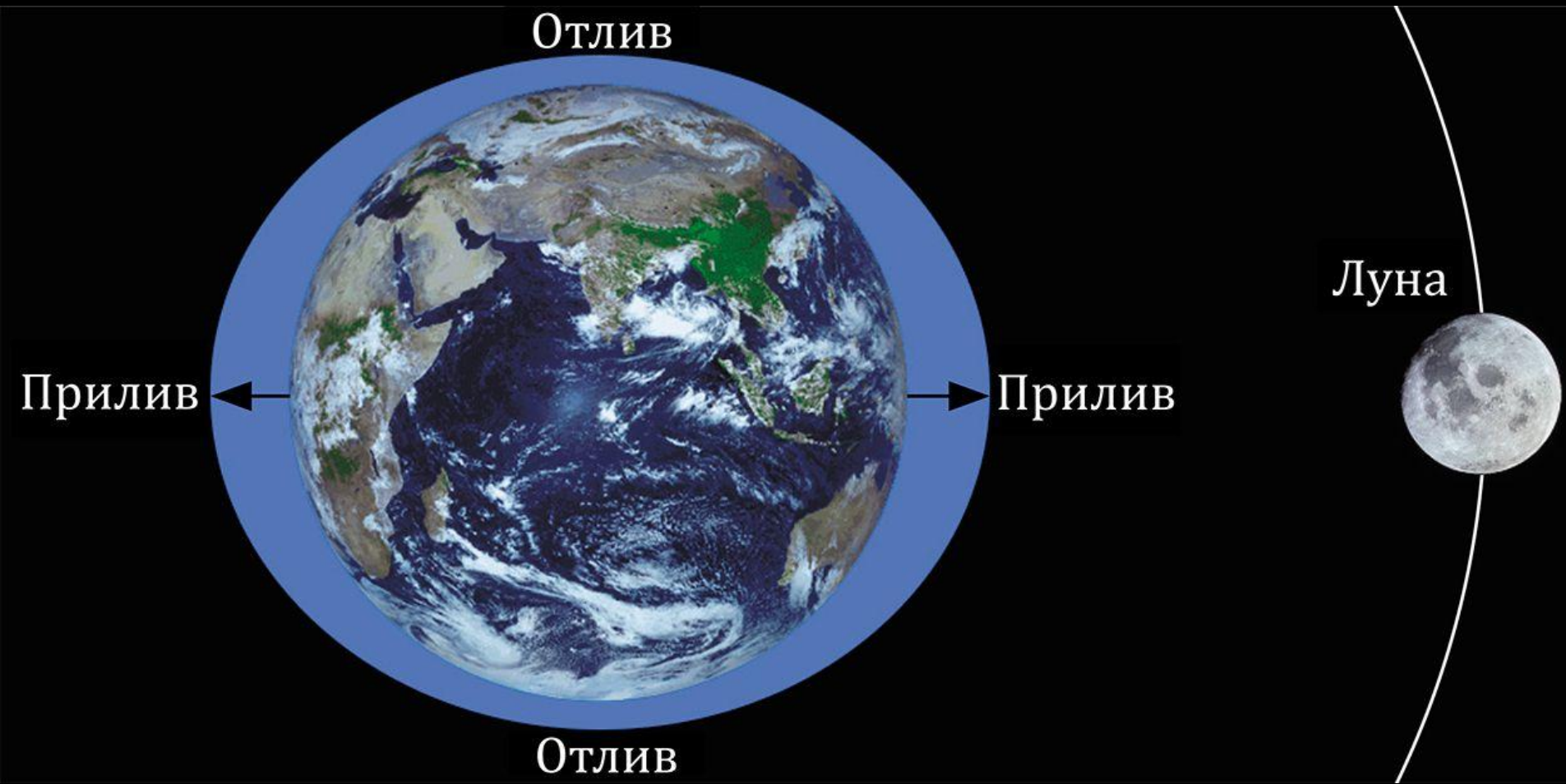
ОТКРЫТИЕ НЕПТУНА





ПРИЛИВЫ





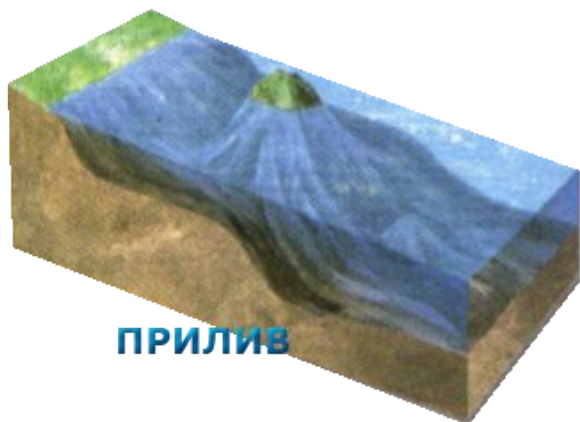
Сизигийный прилив



Квадратурный прилив

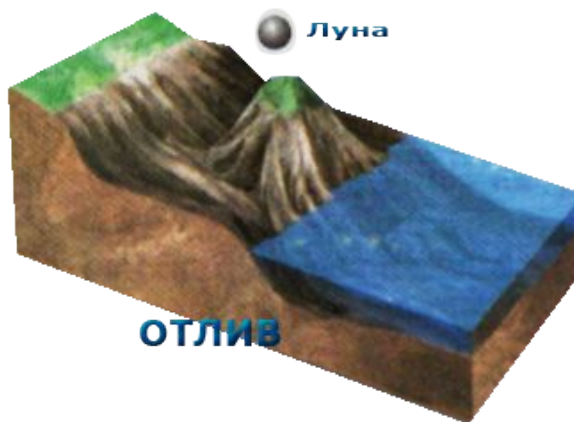
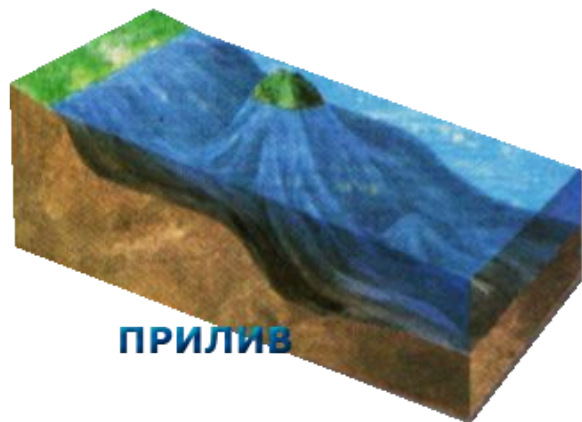
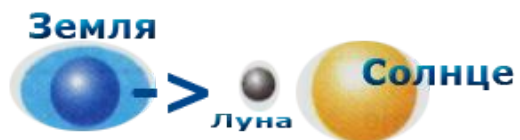


СИЗИГИЙНЫЕ ПРИЛИВЫ



КВАДРАТУРНЫЕ ПРИЛИВЫ

Квадратурные приливы

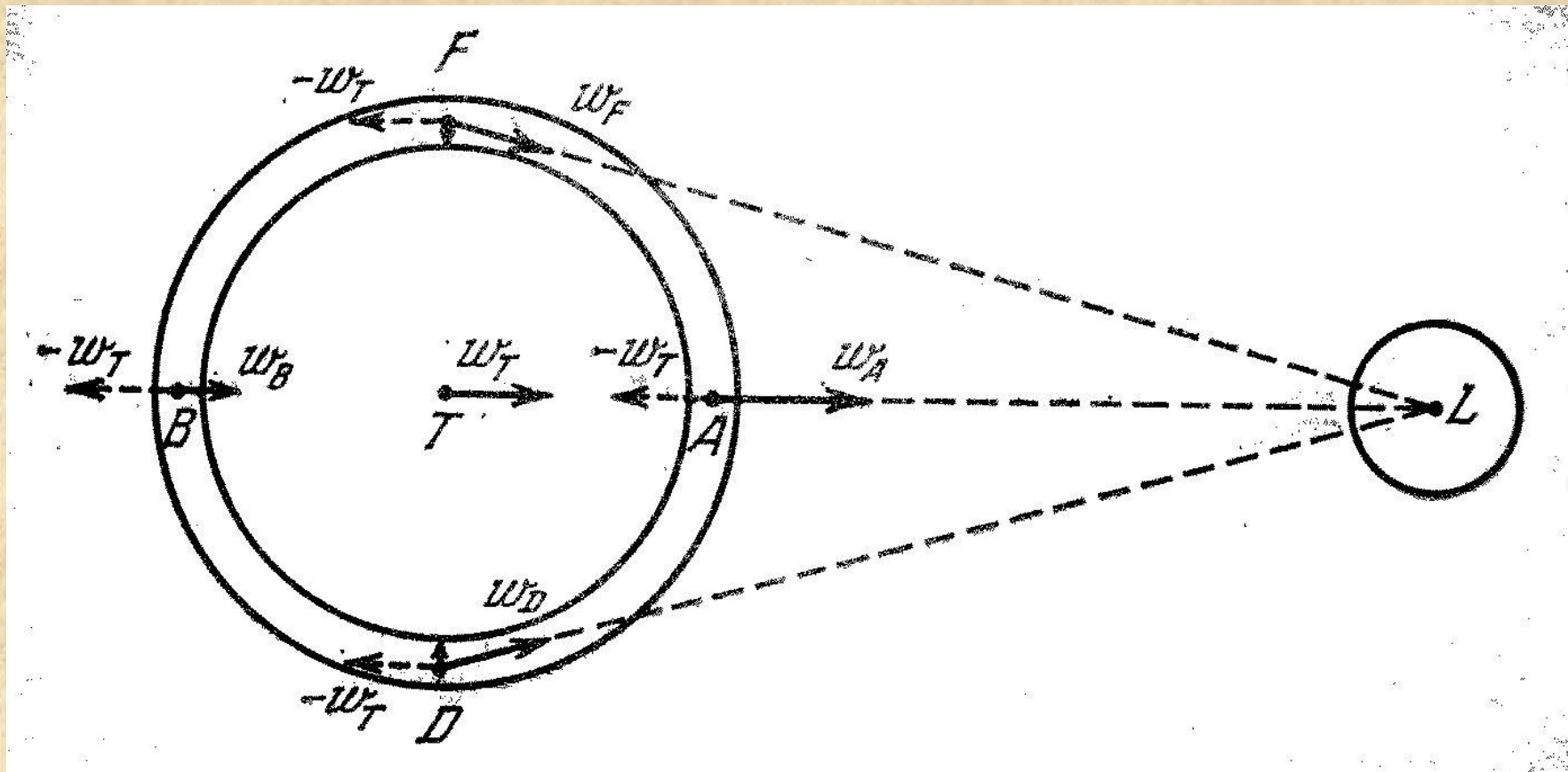


Разность ускорений, вызываемых притяжением другого тела в данной точке и в центре планеты называется приливным ускорением

Следствия:

- Торможение вращения вокруг оси*
- Сглаживание поверхности планеты*
- Луна ускоряет свое движение, постепенно удаляясь от нас.*

Объяснение приливов



ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСС НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

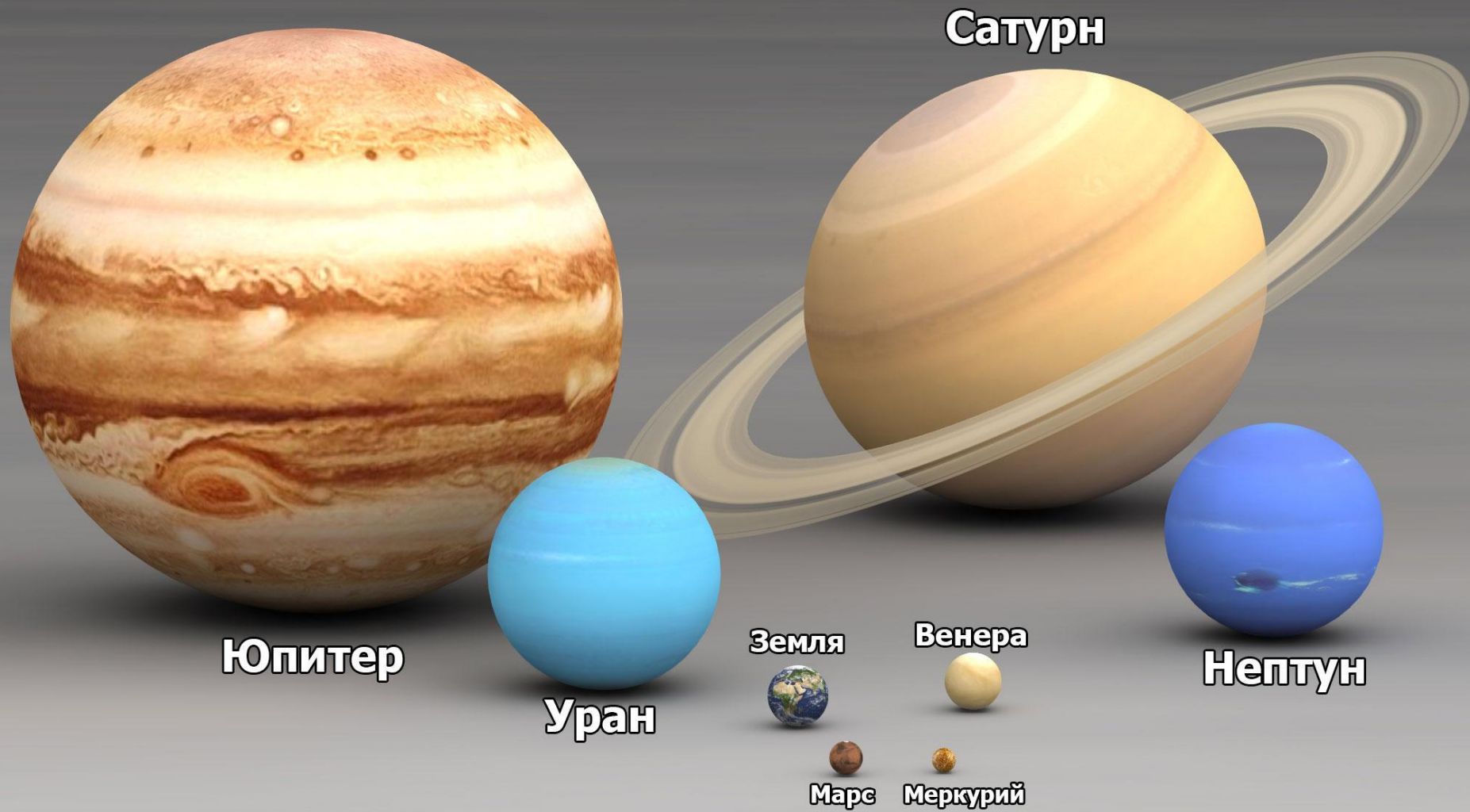
$$\frac{T_1^2 (M_1 + m_1)}{T_2^2 (M_2 + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

M_1, M_2 - массы каких-либо небесных тел

m_1, m_2 - соответственно массы их спутников

a_1, a_2 - полуоси орбит спутников

T_1, T_2 - периоды обращения спутников



Юпитер

Сатурн

Уран

Земля

Венера

Нептун

Марс

Меркурий

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСС НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

Определите массу Юпитера сравнением системы Юпитера со спутником с системой Земля - Луна, если первый спутник Юпитера отстоит от него на 422 000 км и имеет период обращения 1,77 сут. Данные для Луны должны быть вам известны.

Дано:

$$M_2 = 1$$

$$T_1 = 1,77 \text{ сут.}$$

$$T_2 = 27,3 \text{ сут}$$

$$a_1 = 422000 \text{ км}$$

$$a_2 = 380000 \text{ км}$$

$$M_1 - ?$$

Решение:

Для решения задачи введем обозначения

M_1 - Масса Юпитера, m_1 - масса спутника, которой можно пренебречь, T_1 - период обращения спутника Юпитера

M_2 - Масса Земли, m_2 - масса Луны, T_2 - период обращения Луны вокруг Земли

a_1, a_2 - полуоси орбит спутников

$$\frac{T_1^2 (M_1 + m_1)}{T_2^2 (M_2 + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

Определите массу Юпитера сравнением системы Юпитера со спутником с системой Земля - Луна, если первый спутник Юпитера отстоит от него на 422 000 км и имеет период обращения 1,77 сут. Данные для Луны должны быть вам известны.

Дано:

$$M_2 = 1$$

$$T_1 = 1,77 \text{ сут.}$$

$$T_2 = 27,3 \text{ сут}$$

$$a_1 = 422000 \text{ км}$$

$$a_2 = 380000 \text{ км}$$

$$M_1 = ?$$

Решение:

$$\frac{T_1^2 (M_1 + m_1)}{T_2^2 (M_2 + m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

Поскольку массами спутников можно пренебречь по сравнению с массами планет, то

$$\frac{T_1^2 M_1}{T_2^2 M_2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

Определите массу Юпитера сравнением системы Юпитера со спутником с системой Земля - Луна, если первый спутник Юпитера отстоит от него на 422 000 км и имеет период обращения 1,77 сут. Данные для Луны должны быть вам известны.

Дано:

$$M_2 = 1$$

$$T_1 = 1,77 \text{ сут.}$$

$$T_2 = 27,3 \text{ сут}$$

$$a_1 = 422000 \text{ км}$$

$$a_2 = 380000 \text{ км}$$

$$M_1 - ?$$

Решение:

$$\frac{T_1^2 M_1}{T_2^2 M_2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

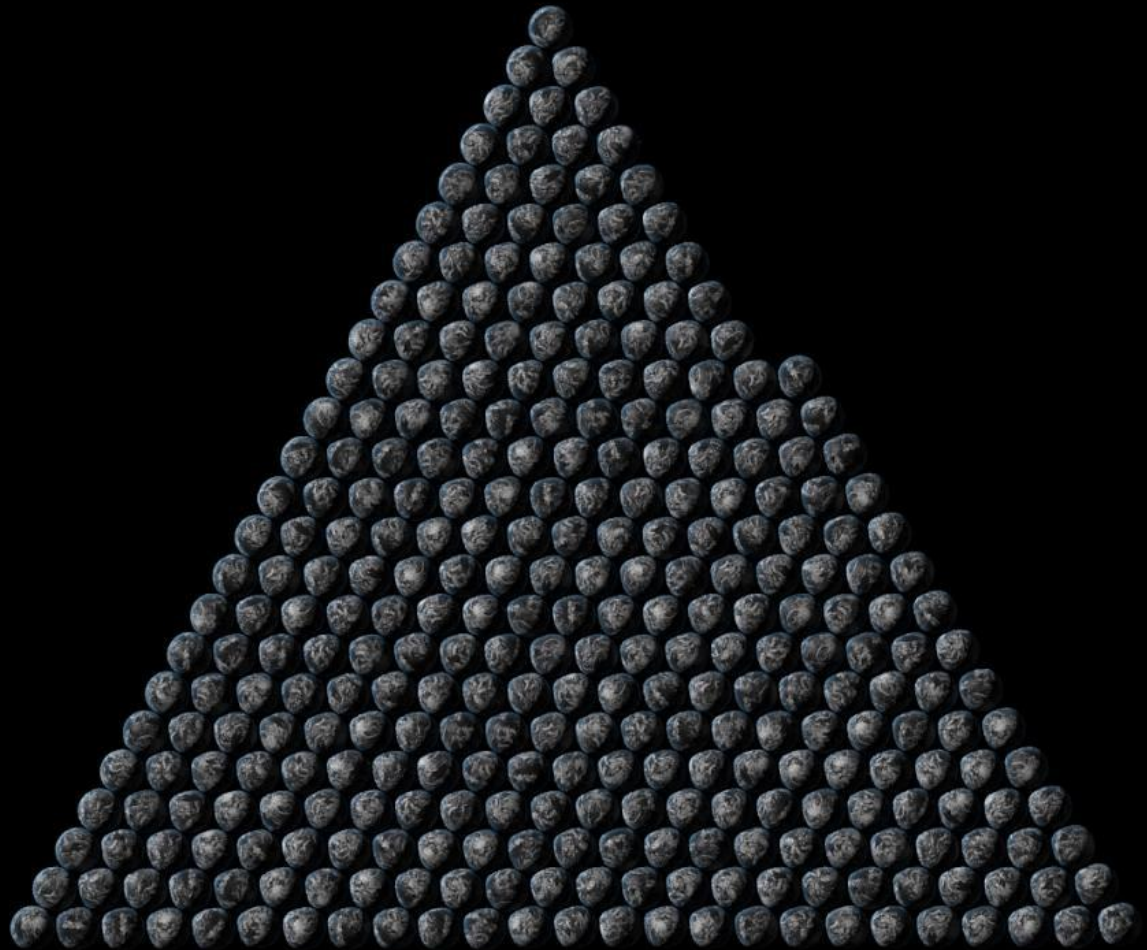
$$M_1 = M_2 \frac{T_2^2 a_1^3}{T_1^2 a_2^3} \approx 320 M_2$$

Т.е. масса Юпитера равна приблизительно 320 массам Земли

Сравнение Юпитера и Земли



Юпитер
Диаметр 139 822 км.



Масса Земли в 318 раз меньше
Юпитера. Диаметр Земли 12742 км.

Домашнее задание

- ***§ 13***
- ***Упражнение 12 (2)***
- ***Упражнение 13 (2)***