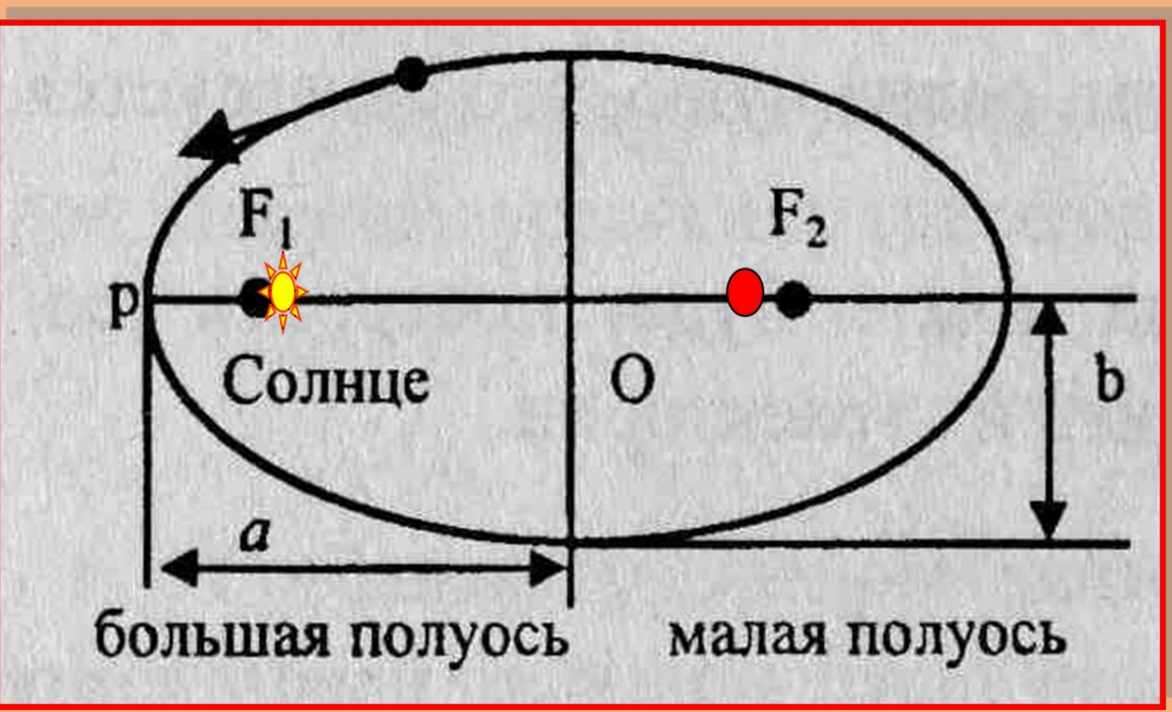
Кеплер уже был знаком с гелиоцентрической системой Коперника и знал, что Земля вращается вокруг Солнца.

Первый закон Кеплера:

орбиты планет представляют собой эллипсы, в одном из фокусов которых расположено Солнце.

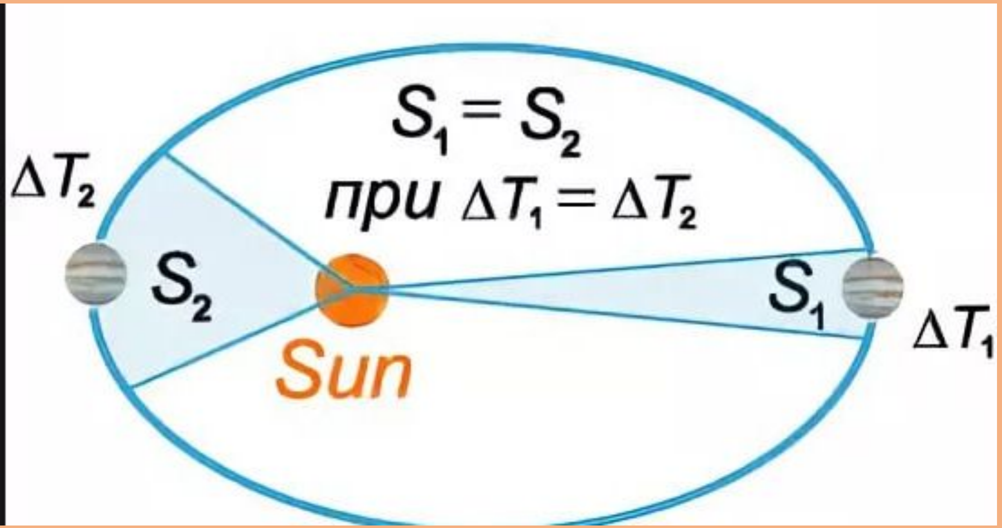


F_1 и F_2 -***фокусы*** эллипса

Эллипсом называется геометрическое место точек, сумма расстояний от которых до двух заданных точек F_1 и F_2, называемых ***фокусами*** эллипса, есть величина постоянная.

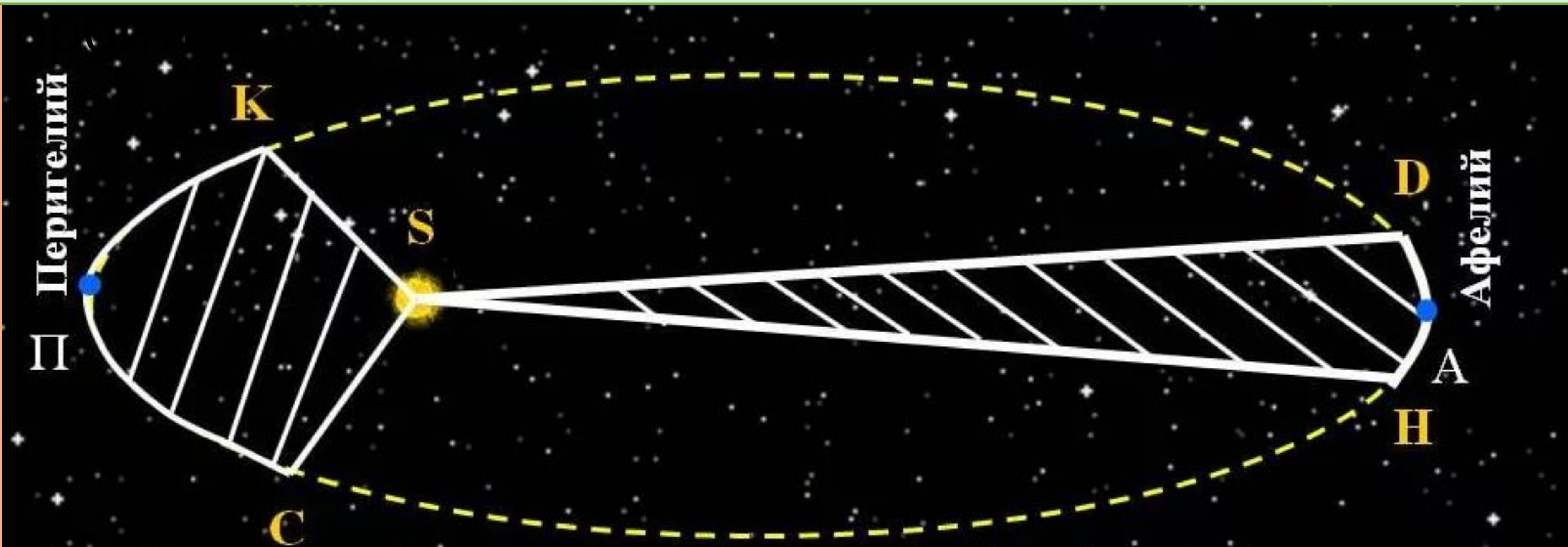
Второй закон Кеплера:
отрезок прямой, соединяющий Солнце и планету, отсекает равные площади за равные промежутки

Радиус-вектор планеты за равные промежутки времени описывает равные площади.



Следствие: чем дальше от Солнца уводит планету эллиптическая орбита, тем медленнее движение, чем ближе к Солнцу — тем быстрее

Перигелий- ближайшая к Солнцу точка орбиты.
Афелий- наиболее удалённая от Солнца точка

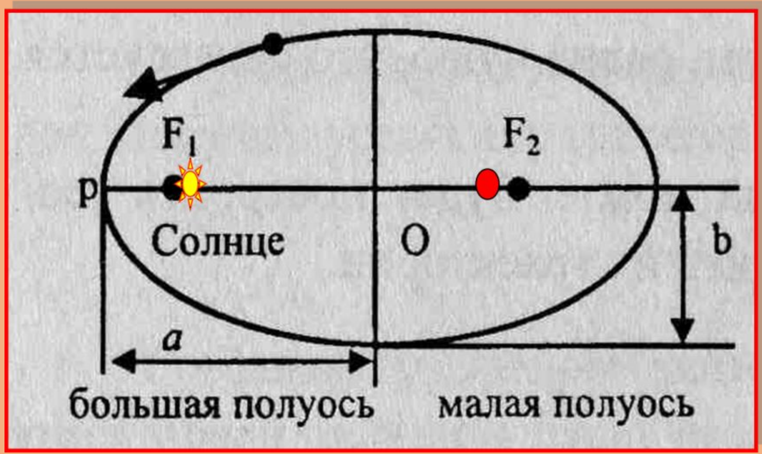


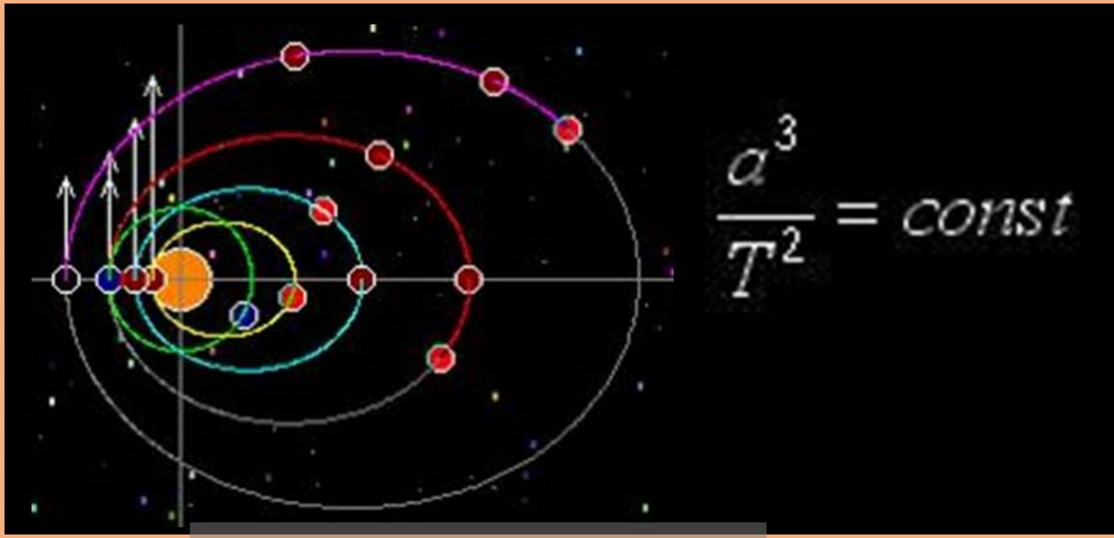
Второй закон Кеплера:

Радиус-вектор планеты за равные промежутки времени описывает равные площади.
Линейная скорость вблизи перигелия больше, чем вблизи афелия.

Третий закон Кеплера:

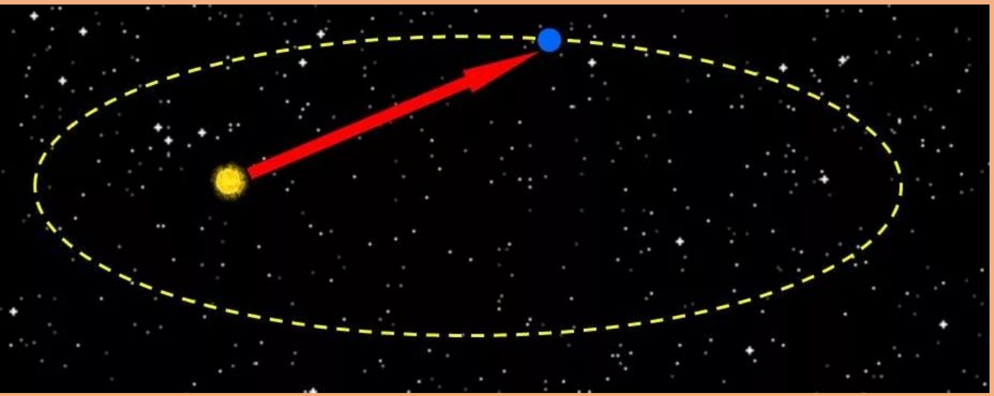
квадраты периодов обращения планет относятся как кубы больших полуосей эллипсов, по которым они движутся.





Планета	Расстояние до Солнца, a (в астрономических ед.)	Период вращения, T (в годах)	Отношение $\frac{a^3}{T^2}$
Меркурий	0,30	0,16	1,05
Венера	0,76	0,67	0,98
Земля	1	1	1,00
Марс	1,52	1,88	0,99
Юпитер	5,2	11,86	0,99

Чем меньше радиус-вектор планеты, тем больше длина дуги, тем больше орбитальная скорость движения планеты.



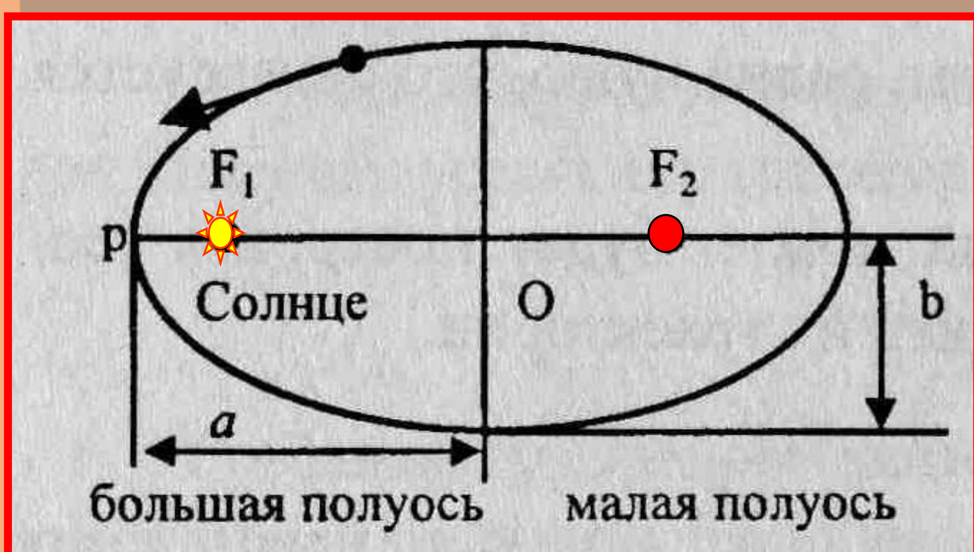
Выполняется закон сохранения энергии.
При удалении планеты от Солнца её потенциальная энергия возрастает, а кинетическая убывает. Скорость движения убывает.
При приближении планеты к Солнцу её потенциальная энергия уменьшается, соответственно растёт кинетическая энергия. Скорость орбитального движения растёт.

Планета	Расстояние до Солнца, a (в астрономических ед.)	Период вращения, T (в годах)	Отношение $\frac{a^3}{T^2}$
Меркурий	0,30	0,16	1,05
Венера	0,76	0,67	0,98
Земля	1	1	1,00
Марс	1,52	1,88	0,99
Юпитер	5,2	11,86	0,99

Третий закон Кеплера:
квадраты периодов обращения планет относятся как кубы больших полуосей эллипсов, по которым они движутся.

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

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



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

Ньютон показал также, что третий закон Кеплера не совсем точен — в действительности в него входит и масса планеты:

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

где M — масса Солнца,
m_1,m_2 — массы планет.

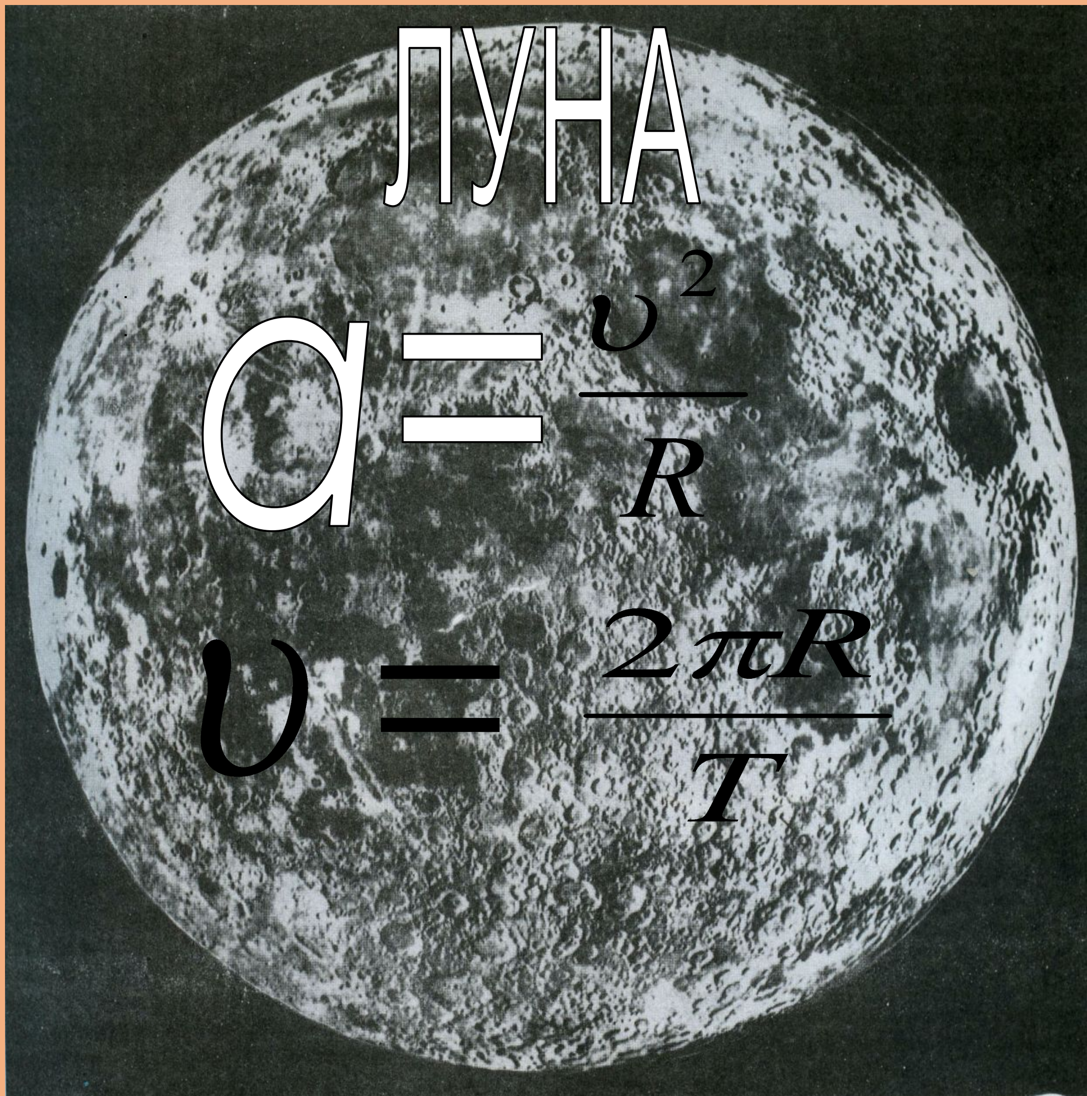
R =385000 км=385.000.000м – расстояние между Землёй и Луной

$$a = \boxed{\frac{4\pi^2 R}{T^2}} =$$

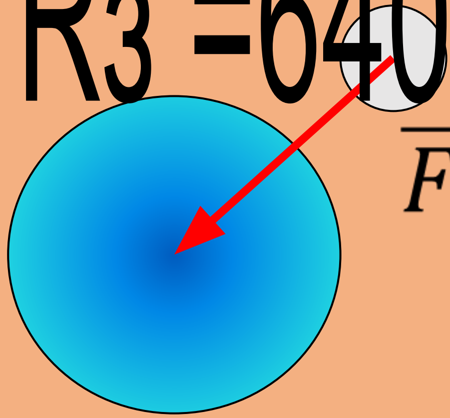
$$= \frac{4\cdot 3{,}14^2\cdot 3{,}85\cdot 10^8\, м}{(27{,}3\cdot 24\cdot 3600)^2\, с^2} =$$

$$= 0{,}0027\ \frac{м}{с^2} =$$

$$= 2{,}7\cdot 10^{-3}\ \frac{м}{с^2}$$



Rз =6400 км-радиус Земли

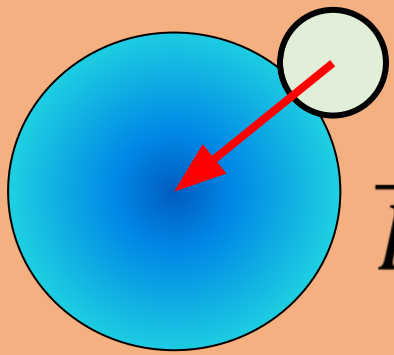


$\vec{F_1}$

$$F_1 = m_л \cdot a \qquad F_2 = m_л \cdot g$$

Из кинематики

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{m_л g}{m_л a} = \frac{g}{a} =$$



$\vec{F_2}$

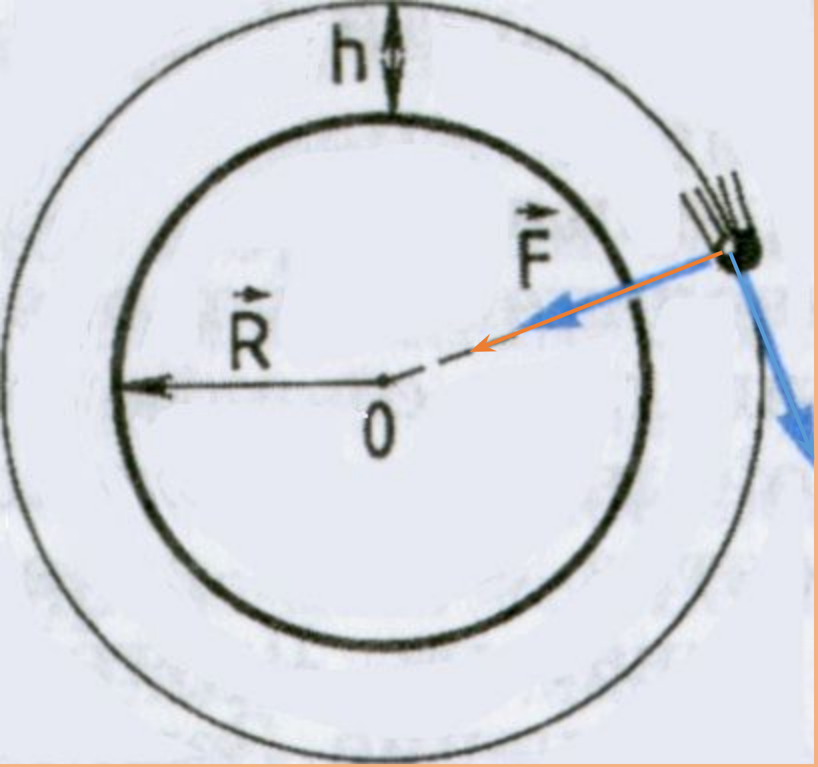
$$= \frac{9{,}8}{0{,}0027} = 3600 = 60^2$$

Увеличение расстояния между притягивающими телами в 60 раз приводит к уменьшению ускорения и силы в 60^2 раз

$$F = G\frac{m_1 \cdot m_2}{R^2}$$

ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

Сила взаимного притяжения двух тел прямо пропорциональна произведению масс этих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними



На спутник действует только одна

гравитационная сила F,

направленная к центру Земли.

$$F = G\frac{Mm}{(R+h)^2} \qquad F = \frac{mv^2}{R+h}$$

$$G\frac{M\cancel{m}}{(R+h)^{\cancel{2}}} = \frac{\cancel{m}v^2}{\cancel{(R+h)}}$$

$$v^2 = G\frac{M}{(R+h)} \qquad v = \sqrt{G\frac{M}{R+h}}$$

первая космическая
(круговая**)** скорость

$$\upsilon = \sqrt{G\frac{M}{R+h}}$$

первая космическая (круговая) скорость - скорость, которую нужно сообщить телу , чтобы оно стало спутником Земли.

Если h= 0 м, то первая космическая скорость для спутника Земли:

$$\upsilon = \sqrt{G\frac{M}{R}} = \sqrt{\frac{6{,}67\cdot 10^{-11}\cdot 6\cdot 10^{24}}{6{,}4\cdot 10^{6}}}$$

$$\upsilon = \sqrt{6{,}253\cdot 10^{7}} = \sqrt{62{,}53\cdot 10^{6}} = 7{,}9\cdot 10^{3}\,м$$

$$F = G\frac{Mm}{R^2}$$

$$F = mg$$

$$G\frac{M\cancel{m}}{R^2} = \cancel{m}g$$

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

$$\upsilon = \sqrt{G\frac{M}{R}} = \sqrt{\frac{6{,}67\cdot 10^{-11}\cdot 6\cdot 10^{24}}{6{,}4\cdot 10^{6}}}$$

$$\upsilon = \sqrt{6{,}253\cdot 10^{7}} = \sqrt{62{,}53\cdot 10^{6}} = 7{,}9\cdot 10^{3}\,м$$

$$\upsilon_1 = \sqrt{G\frac{M}{R}} = \sqrt{gR}$$

первая космическая **(**круговая**)** скорость

$$\upsilon_2 = \sqrt{2}\upsilon_1 = \sqrt{2G\frac{M}{R}} = 2\sqrt{gR}$$

вторая космическая скорость- скорость, которая необходима для того, чтобы на расстоянии 150 млн. км = 1 а.е. преодолеть притяжение Солнца массой $M_{\odot}$ и улететь за пределы