



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.



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

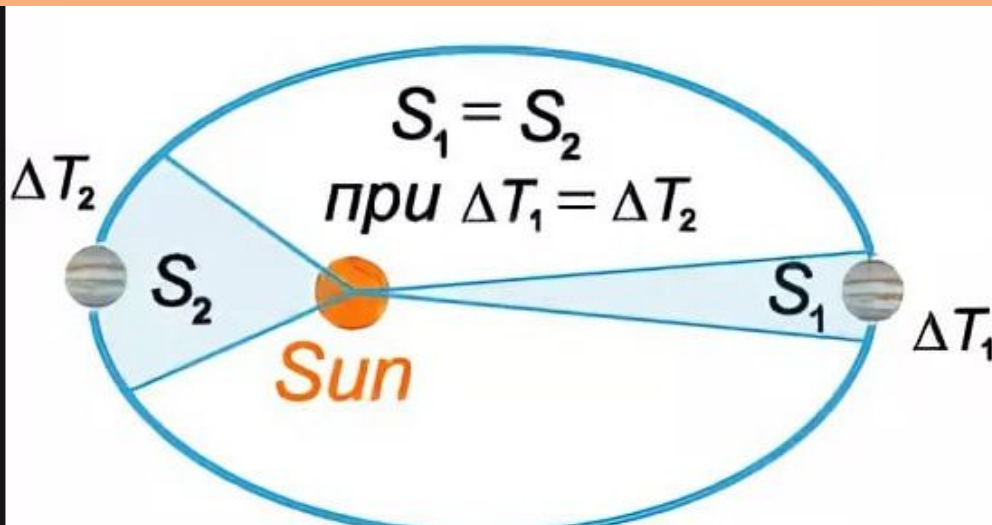
F_1 и F_2 - *фокусы* эллипса



Второй закон Кеплера:

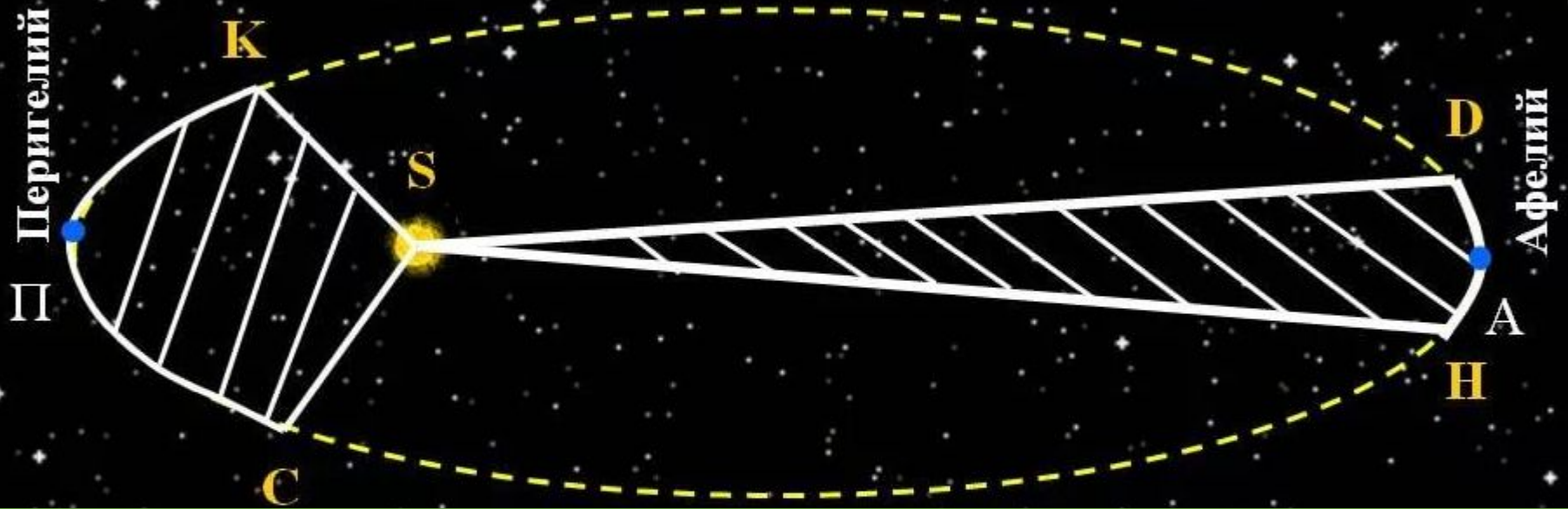
отрезок прямой, соединяющий Солнце и планету, отсекает равные площади за равные промежутки

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

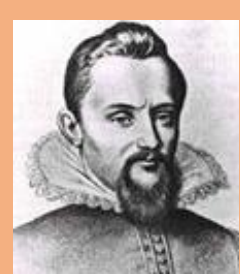
Перигелий- ближайшая к Солнцу точка орбиты.
Афелий- наиболее удалённая от Солнца точка



Второй закон Кеплера:

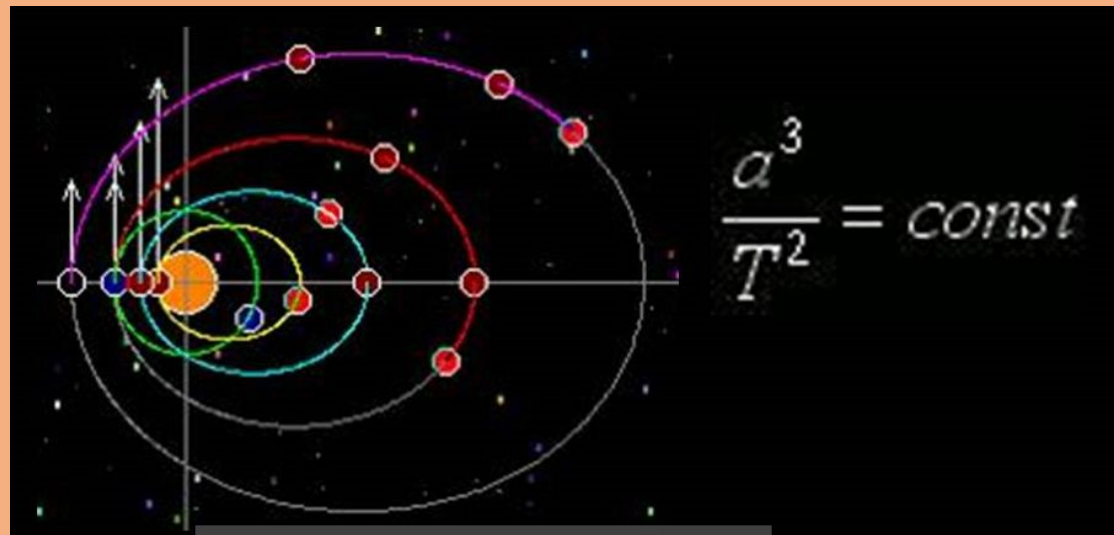
Радиус-вектор планеты за равные промежутки времени описывает равные площади.

Линейная скорость вблизи перигелия больше, чем вблизи афелия.



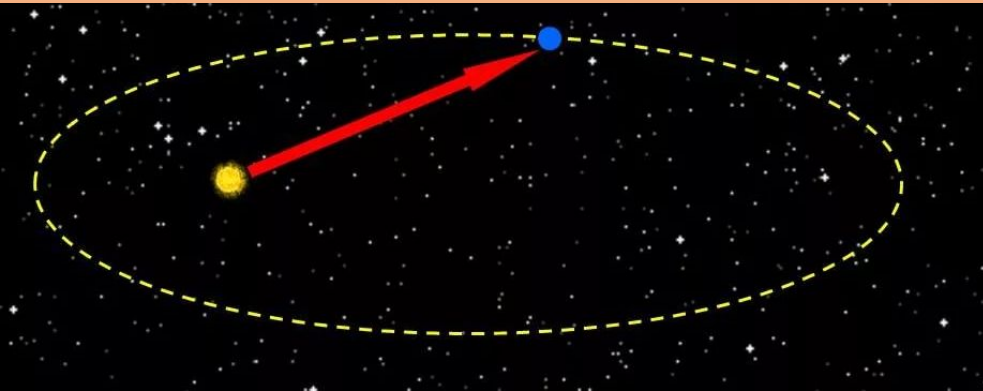
Третий закон Кеплера:

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 |

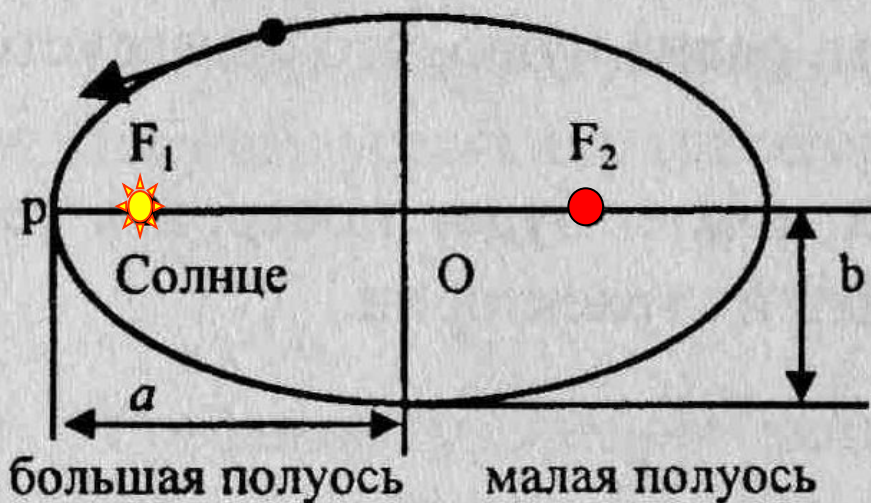
Третий закон Кеплера:

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.

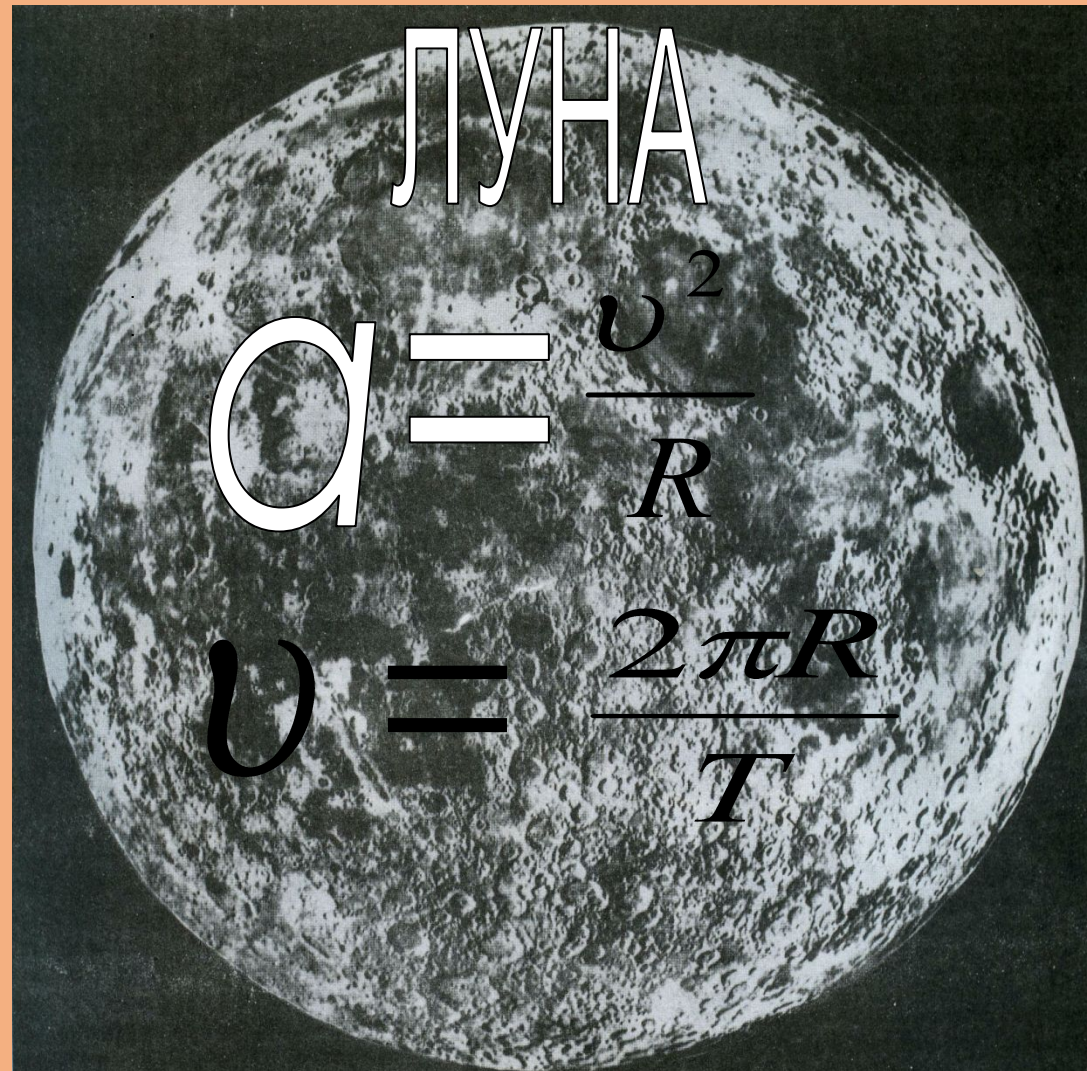
$R = 385000 \text{ км} = 385.000.000 \text{ м}$ –
расстояние между Землёй и Луной

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

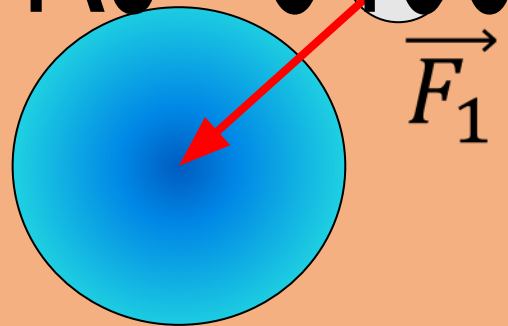
$$= \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 3,85 \cdot 10^8 \text{ м}}{(27,3 \cdot 24 \cdot 3600)^2 \text{ с}^2} =$$

$$= 0,0027 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} =$$

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



$R_3 = 6400$ км-радиус Земли

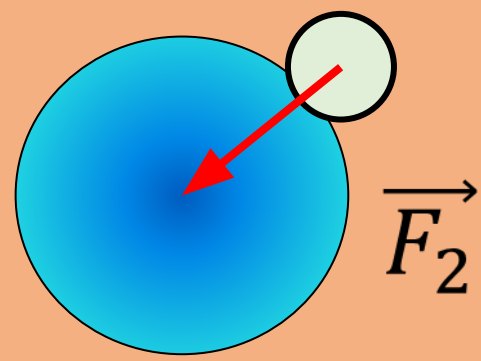


$$F_1 = m_l \cdot a$$

$$F_2 = m_l \cdot g$$

Из кинематики

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



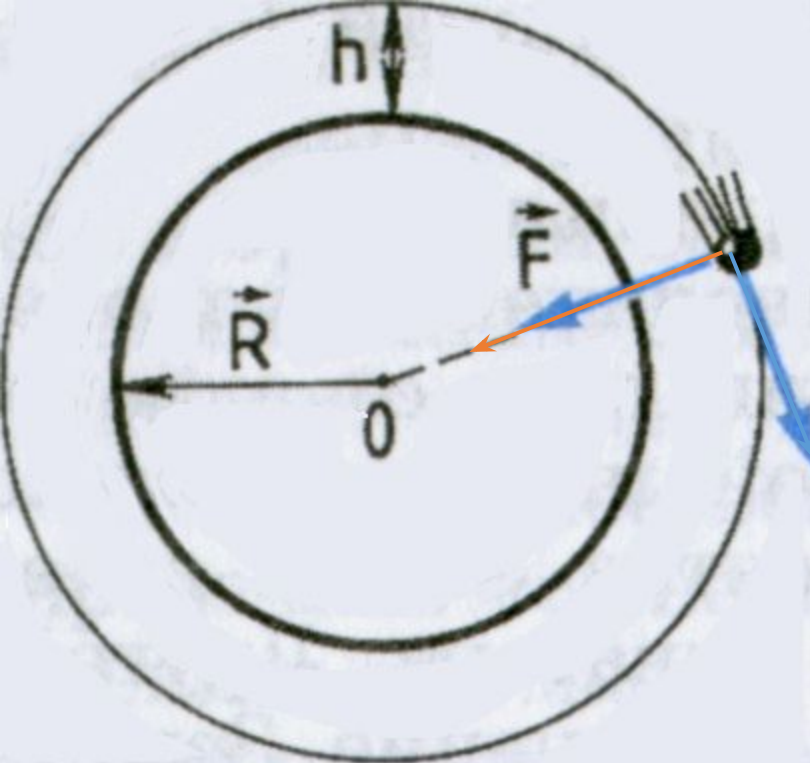
$$= \frac{9,8}{0,0027} = 3600 = 60^2$$

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.

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

$$F = \frac{mv^2}{R + h}$$

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

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

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

первая космическая
(круговая) скорость

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

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:

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

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

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

$$F = mg$$

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

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

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

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

$$v_1 = \sqrt{G \frac{M}{R}} = \sqrt{gR}$$

первая космическая
(круговая) скорость

$$v_2 = \sqrt{2} v_1 = \sqrt{2G \frac{M}{R}} = 2\sqrt{gR}$$

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