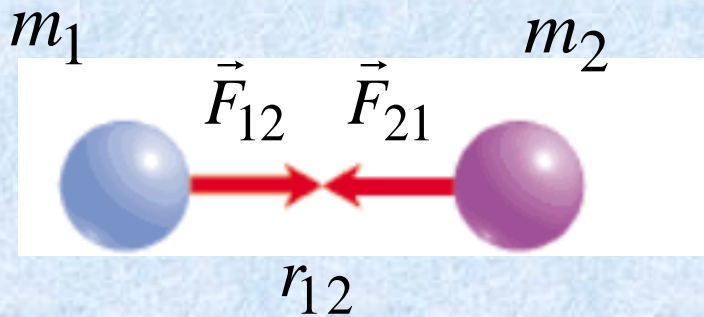


Закон всемирного тяготения

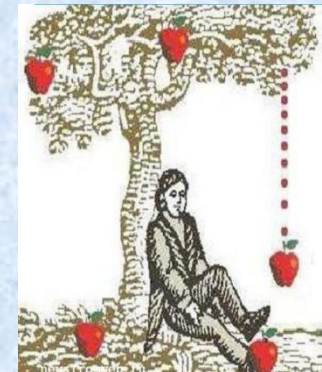
$$F = G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^2}$$

$$\vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{r_{12}^3} \vec{r}_{12}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$$



r_{12} — расстояние между центрами масс тел



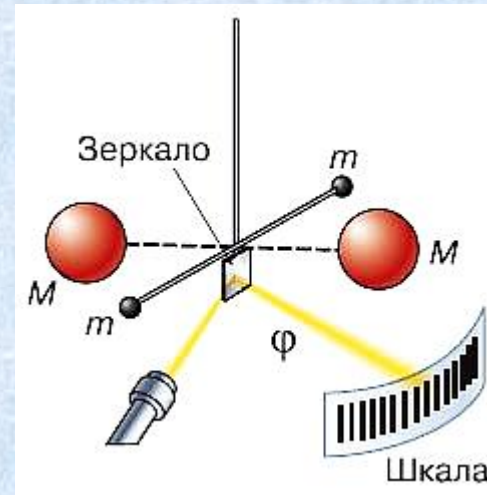
Силы тяготения — *центральные*

Эксперимент Кавендиша (1798 г.)



Г. Кавендиш
1731 - 1810

*Самый богатый из учёных и
самый учёный из богачей.
Ж.Био.*



Определена гравитационная постоянная

$$G = 6,71 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 / (\text{кг} \cdot \text{с}^2) \quad [6,67]$$

Рассчитана средняя плотность Земли

$$\rho = 5,48 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \quad [5,52]$$

Масса

Инертная масса – входит в выражение второго закона Ньютона, мера инертности тела

Гравитационная масса – входит в выражение закона всемирного тяготения, мера гравитационного взаимодействия

$$m_{\text{ин}} = m_{\text{грав}} \text{ ?}$$

Да, с точностью 10^{-13}

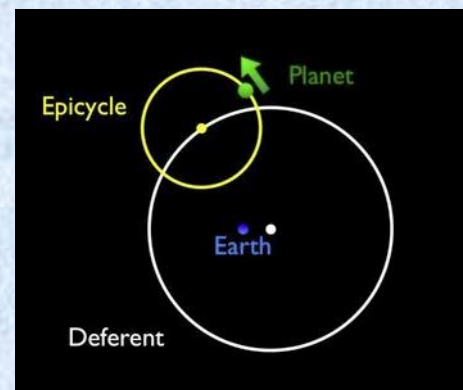
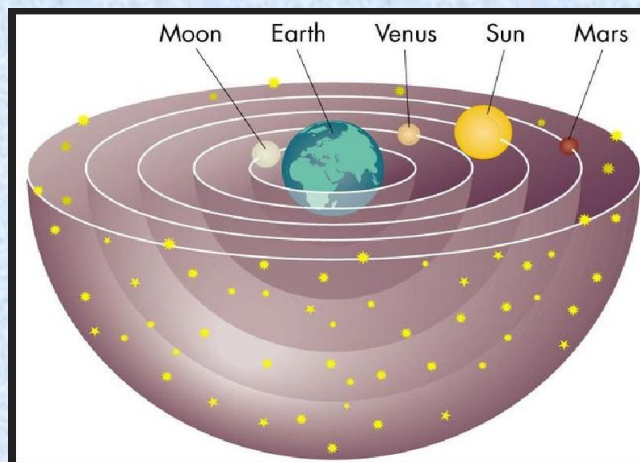
Закон всемирного тяготения



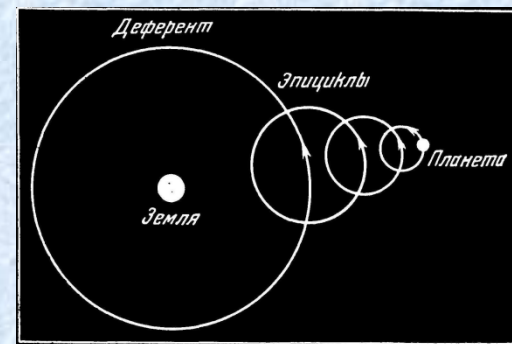
Геоцентрическая система мира



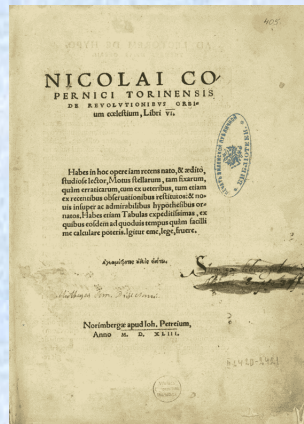
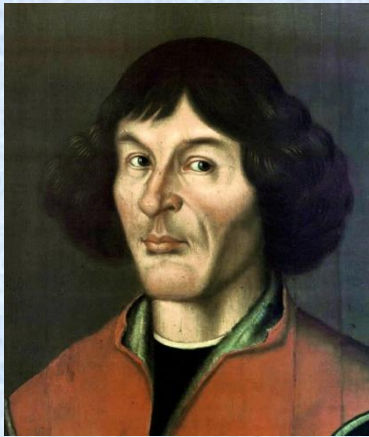
Клавдий Птолемей
90 – 168 гг,
Александрия



*Легче, кажется, двигать самые
планеты, чем постичь их
сложное движение
К. Птолемей*



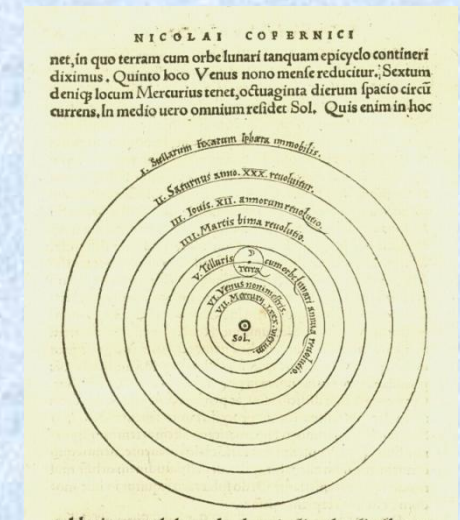
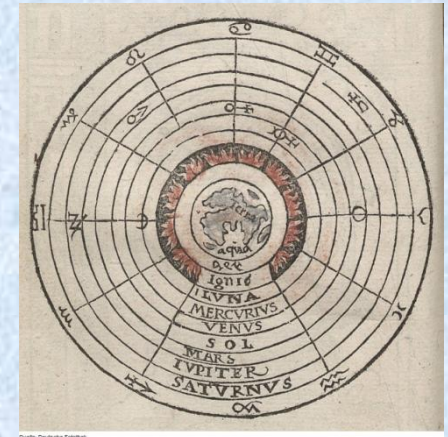
Гелиоцентрическая система Коперника



Николай Коперник
1473 – 1543

О вращении
небесных сфер
1543 г.

Геоцентрическая
система

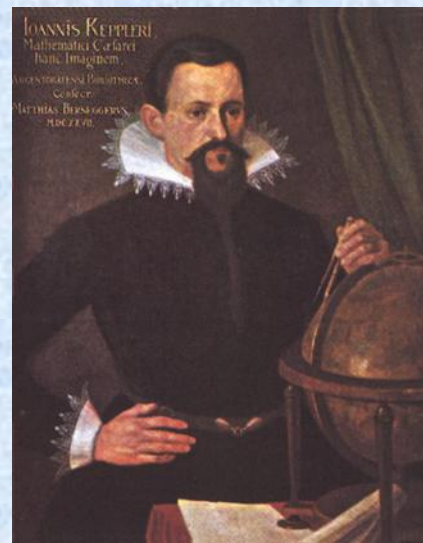


Гелиоцентрическая
система

Законы Кеплера



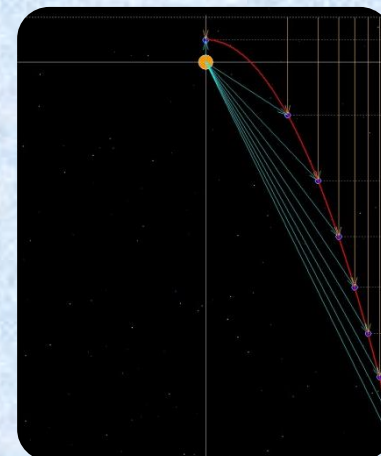
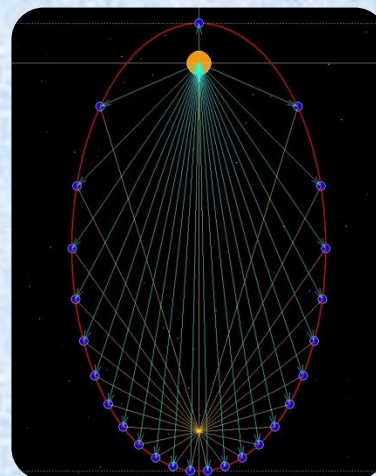
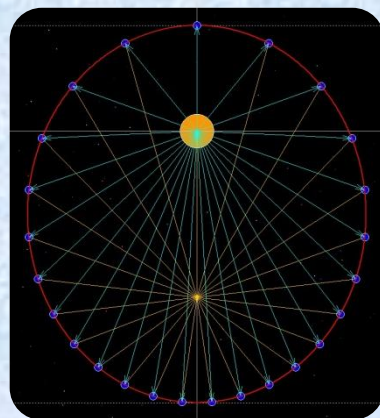
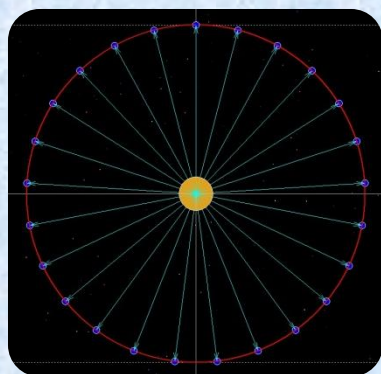
Тихо Браге
1546 – 1601



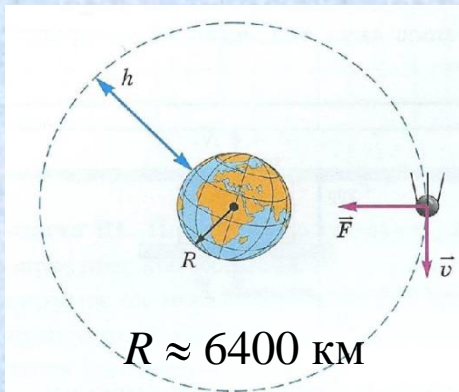
Иоганн Кеплер
1571 – 1630

Первый закон Кеплера

Каждая планета движется вокруг Солнца по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце



Движение спутников



У поверхности Земли $\frac{GMm}{R_3^2} = mg \Rightarrow g = \frac{GM}{R_3^2}$

$$\frac{GM}{(R_3 + h)^2} = g \frac{R_3^2}{(R_3 + h)^2} = \frac{v^2}{R_3 + h}$$

Первая космическая скорость $h = 0 \Rightarrow v_I = \sqrt{gR_3}$

$$T = \frac{2\pi (R_3 + h)^{3/2}}{R_3 \sqrt{g}}$$

$T = 1 \text{ сут}$ – геостационарная орбита

$$v_I \approx 7,8 \text{ км/с}$$

Вопрос: Почему спутник может висеть над одной точкой только на экваторе?

Момент импульса

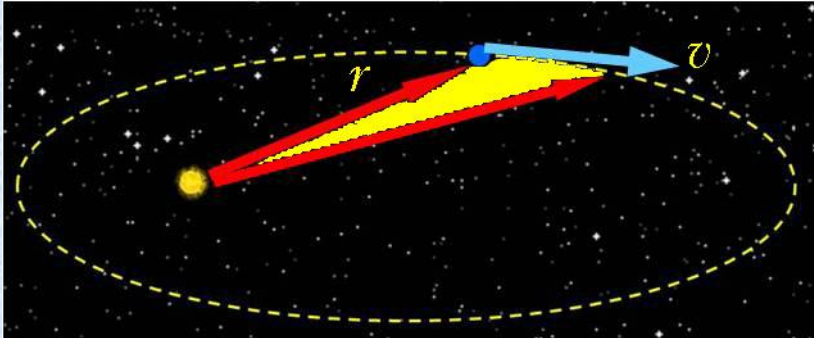
Момент импульса
(угловой момент) $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = \vec{r} \times m\vec{v}$

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d\vec{r}}{dt} \times m\vec{v} + \vec{r} \times m \frac{d\vec{v}}{dt} \vec{F}$$

В центральном поле $\vec{F} \uparrow\uparrow \vec{r} \Rightarrow \frac{d\vec{L}}{dt} = 0, \quad \vec{L} = \text{const}$

Закон сохранения момента импульса

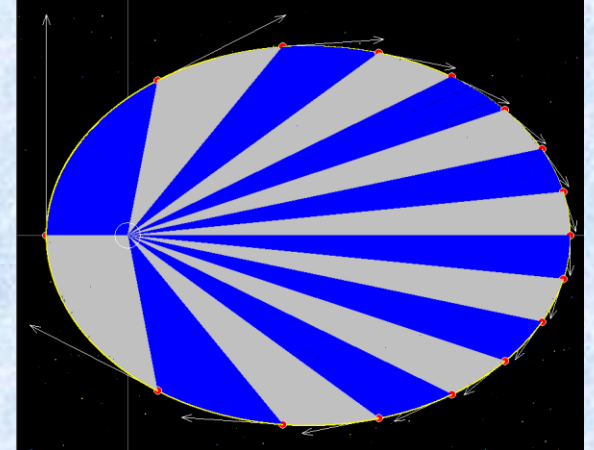
Второй закон Кеплера



$$dS = \frac{1}{2} r \sin \theta v dt = \frac{1}{2} |\vec{r} \times \vec{v}| dt = \frac{|\vec{L}|}{2m} dt$$

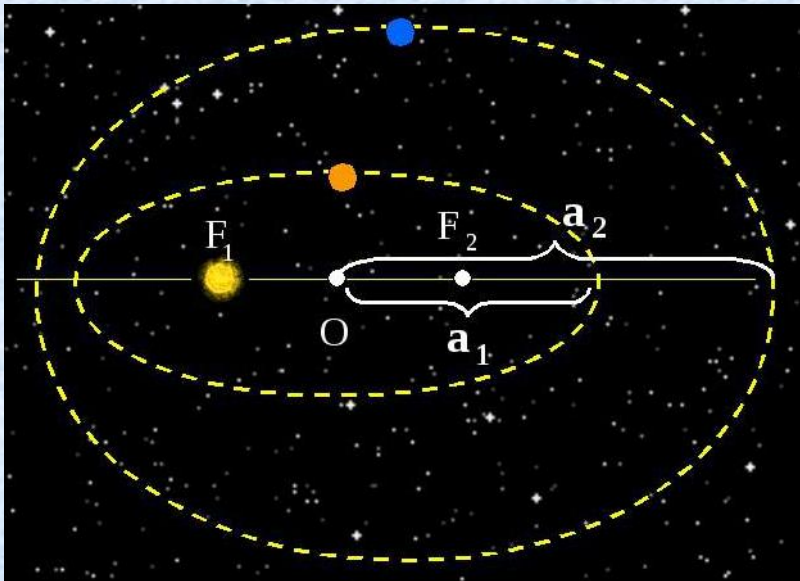
$$\vec{L} = \text{const} \Rightarrow \frac{dS}{dt} = \text{const}$$

Радиус-вектор планеты за равные времена описывает равные площади



Третий закон Кеплера

На круговой орбите: $\frac{GM}{R^2} = \frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{R}} \quad T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi}{\sqrt{GM}} R^{3/2}$



Квадраты периодов
обращения планет вокруг
Солнца относятся, как
кубы больших полуосей
орбит планет.

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

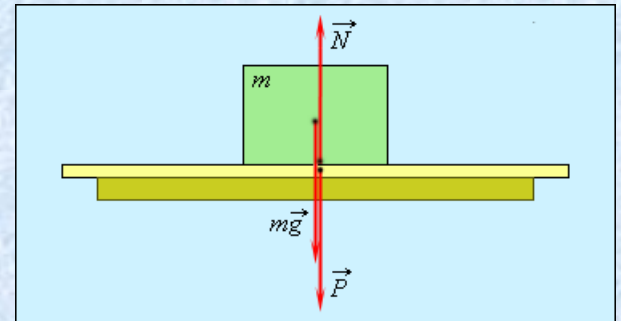
Масса. Вес. Сила тяжести. Невесомость.

Правильно ли написано: «Слон при высоте 2,5-3,5 метров может весить 5000 кг или 5 тонн»?

Вес тела – сила, с которой тело действует на неподвижную относительно него опору или подвес.

III закон Ньютона: $|P| = |N|$

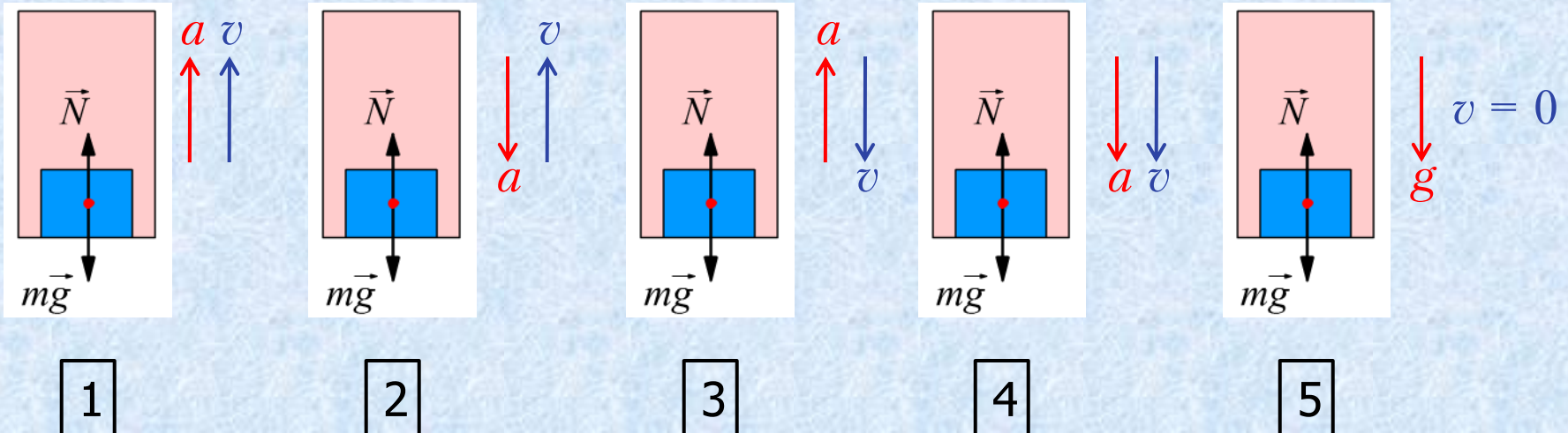
II закон Ньютона: $m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}$



$P = mg$ только если $a = 0$, т.е. если система отсчета, связанная с телом инерциальная

Вес

Вопрос: Как соотносятся вес тела и сила тяжести в следующих ситуациях?.



Вопрос: Чему равен вес неподвижного тела на наклонной плоскости?.

Вопрос: Может ли вес неподвижного тела быть не сонаправлен силе тяжести?.

Невесомость



Невесомость: исчезновение веса (взаимодействия с опорой) при движении опоры с ускорением свободного падения

Тело под действием внешних сил будет в состоянии невесомости, если

- Действующие силы являются только массовыми (силы тяготения)
- Поле этих сил локально однородно
- Начальные скорости всех частиц тела по модулю и направлению одинаковы

Так что же значит «*идеальный вес
для мужчин и женщин*»?