

A cosmic background featuring a large yellow star in the upper right, a bright yellow star in the center, a blue and white spiral galaxy in the lower center, and a blue and white galaxy in the lower left. The background is filled with numerous small stars and a dark blue nebula.

Закон всемирного тяготения

Захарова Н.А., ГБОУ СОШ №932

Развитие представлений о тяготении



Тихо Браге

Датский астроном Тихо Браге многие годы наблюдал за движением планет, накопил многочисленные данные, но не сумел их объяснить.

Это сделал его ученик Иоганн Кеплер. Используя идею геоцентризма Коперника, Кеплер сформулировал законы движения планет вокруг Солнца. Но и он не смог объяснить динамику движения планет.

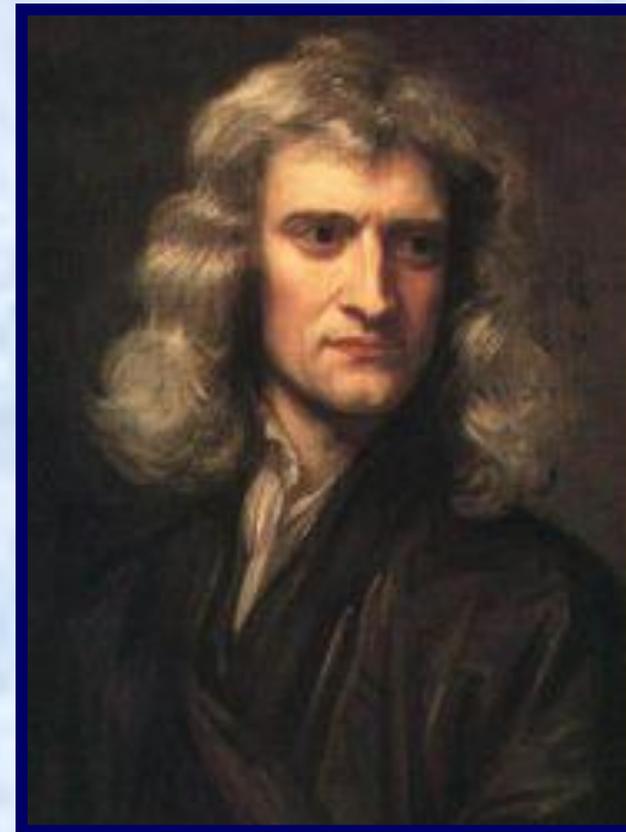


Иоганн Кеплер

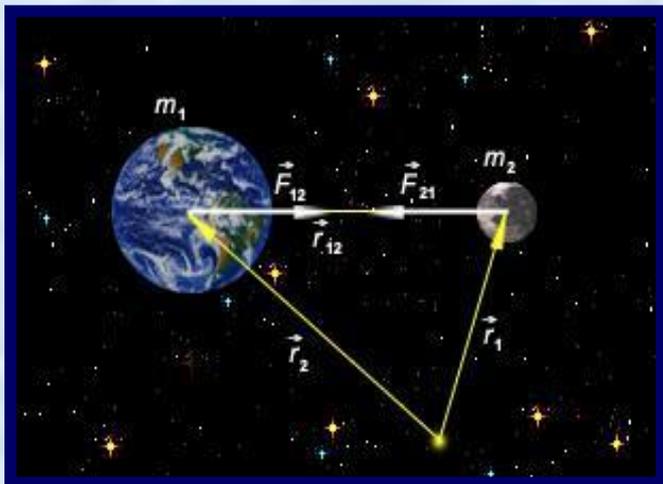
Ответ на этот вопрос дал Исаак Ньютон в 1667 году

Проанализировал:

- падение тел на землю;
- движение Луны вокруг Земли;
- обращение планет вокруг Солнца;
- приливы и отливы.



Исаак Ньютон



Вывод:

существуют силы тяготения,
получившие название
гравитационных сил.

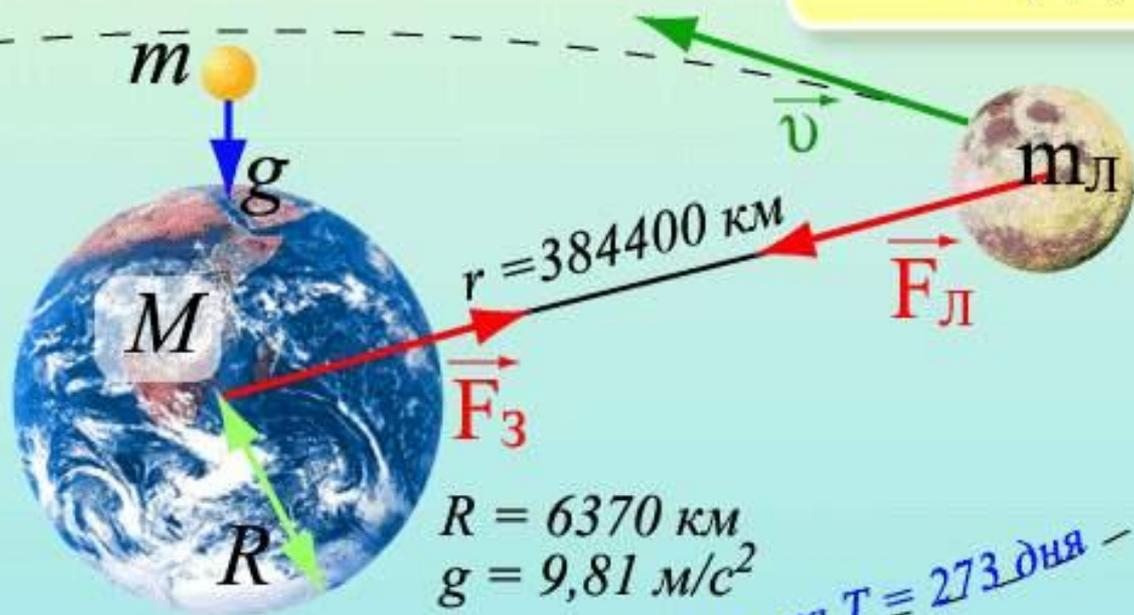
Центростремительное ускорение Луны

$$a_{\text{цс}} = \frac{v^2}{r} = \frac{4\pi^2 r}{T^2} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$$

$$m_{\text{Л}} a = \gamma \frac{M m_{\text{Л}}}{r^2}$$

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

$$a = g \left(\frac{R}{r} \right)^2 \approx 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$$



$R = 6370 \text{ км}$
 $g = 9,81 \text{ м/с}^2$

Период вращения $T \equiv 273 \text{ дня}$

Совпадение $a_{\text{цс}}$ и a убедило Ньютона в справедливости закона

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

Закон всемирного тяготения

Все тела действуют друг на друга силами, прямо пропорциональными произведению их масс и обратно пропорциональными квадрату расстояния между ними.

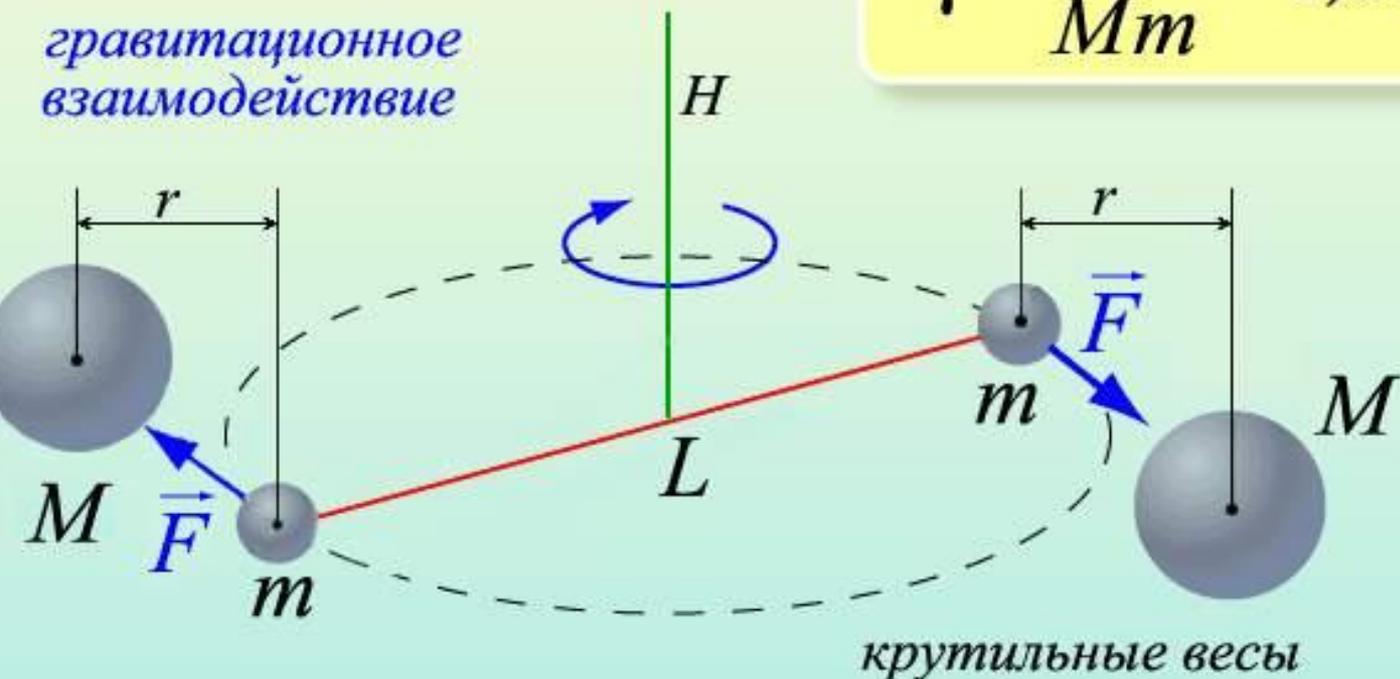
$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

F – сила гравитационного притяжения
 m_1, m_2 – массы взаимодействующих тел, кг
 r – расстояние между телами
(центрами масс тел), м
 G – коэффициент (гравитационная постоянная) $\approx 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$

Опыт Кавендиша

$$\gamma = \frac{Fr^2}{Mm} = 6,65 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$

гравитационное
взаимодействие



H – тонкая нить

L – двухметровый стержень

m – свинцовые шары (диаметром 5 см и массой 775 г)

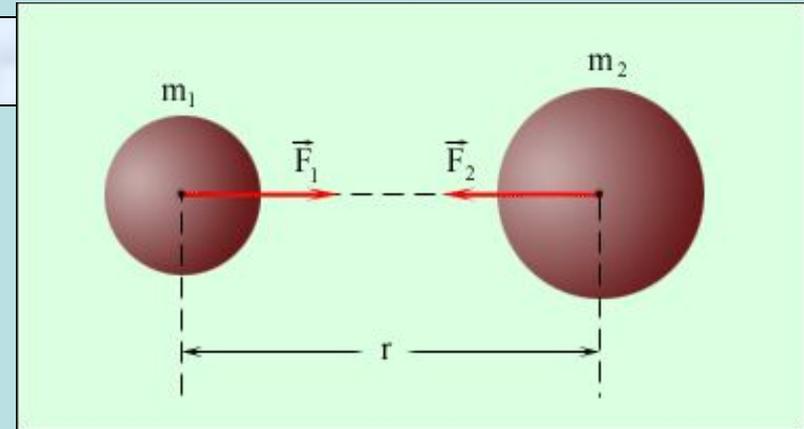
M – свинцовые шары (диаметром 20 см и массой 49,5 кг)

r – расстояния между большими и малыми шарами

Пределы применимости закона

Применим:

- для материальных точек;
- для шаров;
- для шара большого радиуса и тела.

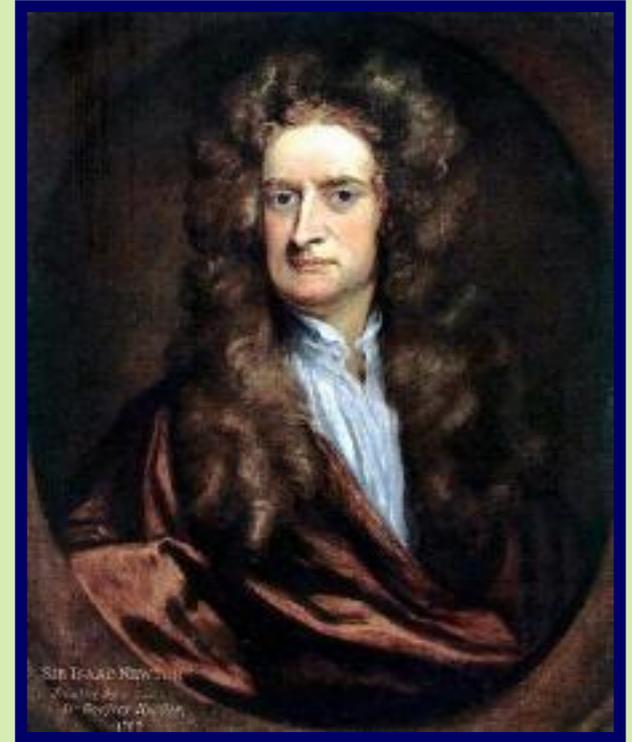


Не применим:

- для взаимодействия бесконечного стержня и шара ($F \sim 1/R$);
- для взаимодействия тела и бесконечной плоскости (F от R вообще не зависит).

И. Ньютон открыл закон всемирного тяготения, когда ему было только 23 года.

Но и в более зрелом возрасте на вопрос “Какова природа сил тяготения?” Ньютон отвечал: «Не знаю, а гипотез измышлять не желаю».



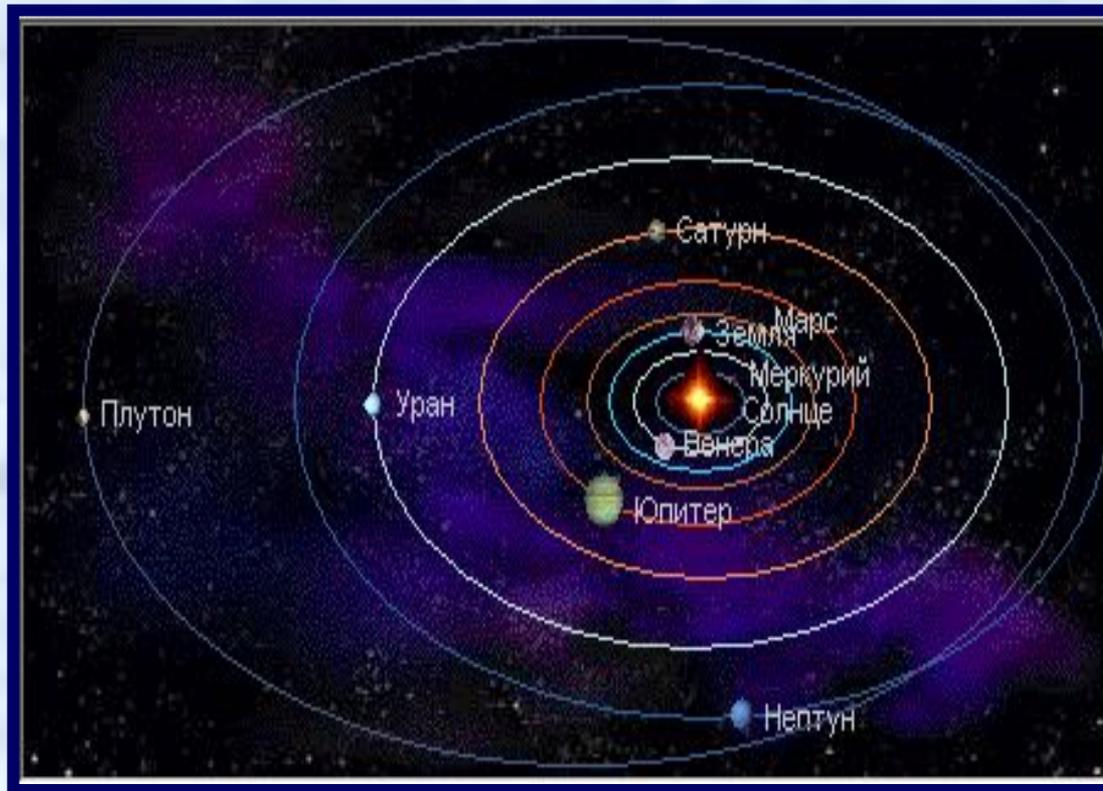
А что известно современной науке о природе гравитационных сил?

Гравитационное взаимодействие между телами осуществляется посредством материального объекта – гравитационного поля

Свойства гравитационного поля:

- является одним из видов материи;
- обладает всепроникающей способностью;
- характеризует изменение физических и геометрических свойств пространства вблизи массивных тел;
- может быть обнаружено по силовому воздействию на другие физические объекты.

Значение закона всемирного тяготения

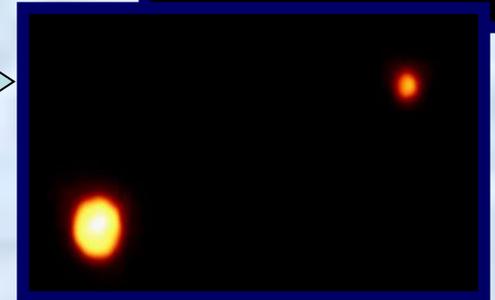
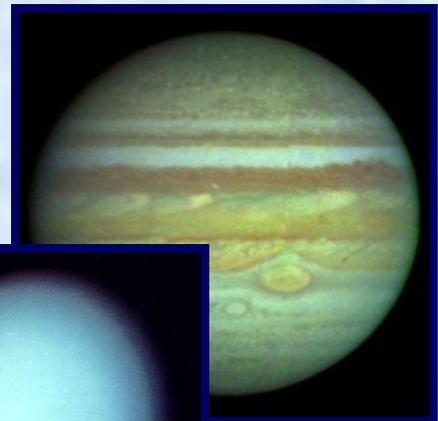
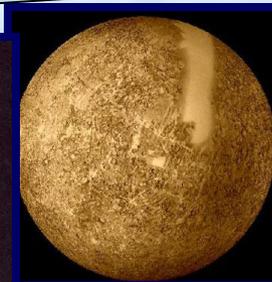


Объясняет устойчивость Солнечной системы,
а также движение планет и их спутников

С помощью закона

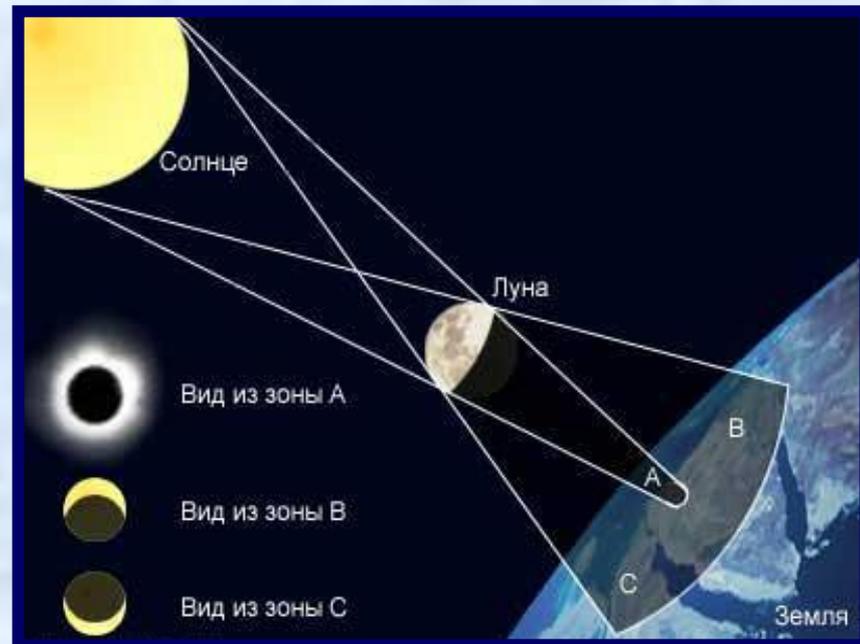
Были открыты «на кончике пера»
самые удаленные планеты
Солнечной системы –
Нептун и Плутон.

Рассчитаны массы Солнца, планет и их
спутников, а также массы звезд.



На основе закона

Предсказываются
солнечные и лунные
затмения



Объясняются приливы
и отливы на Земле



Объясняют существование



Звездных скоплений



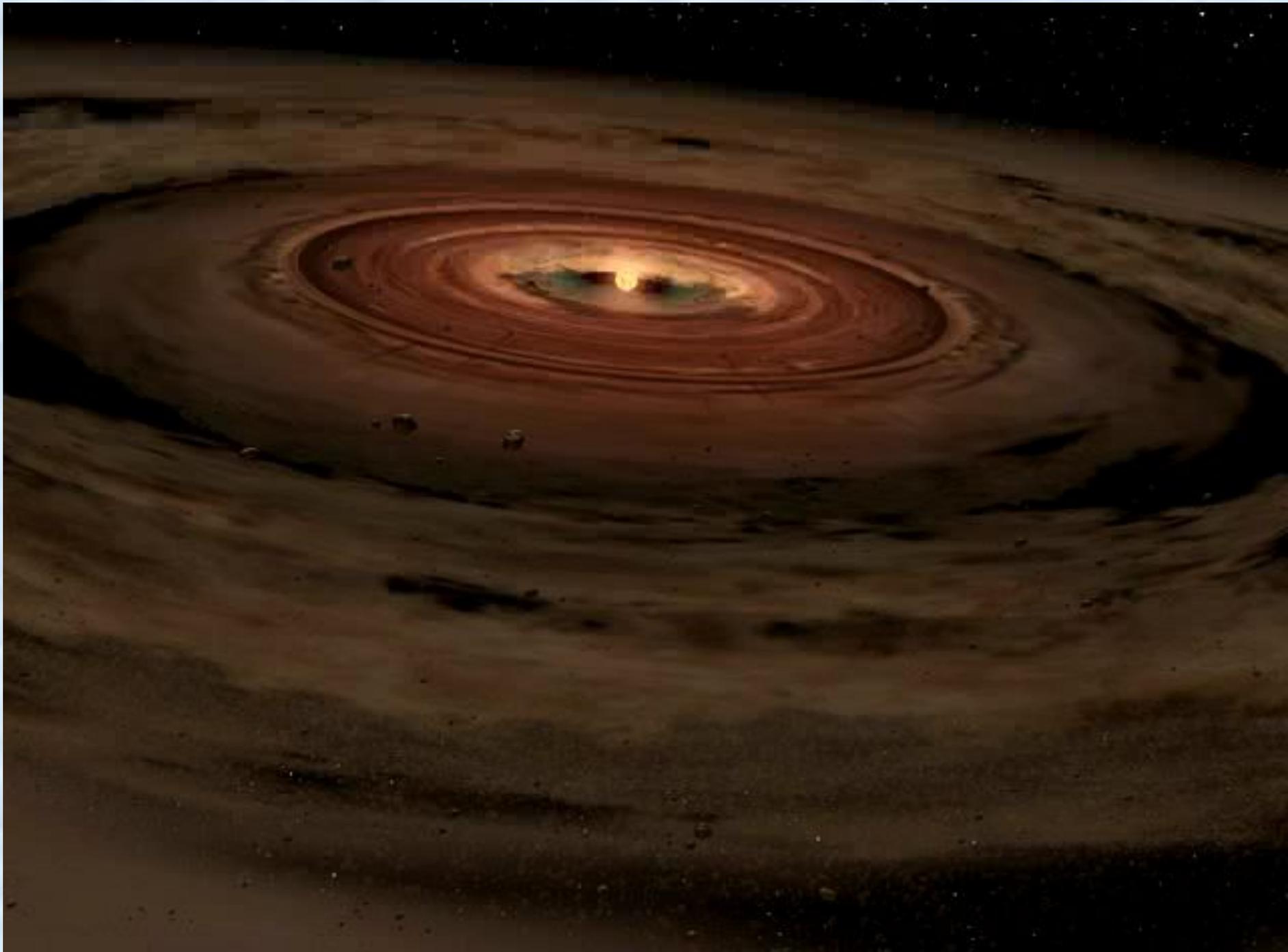
Галактик



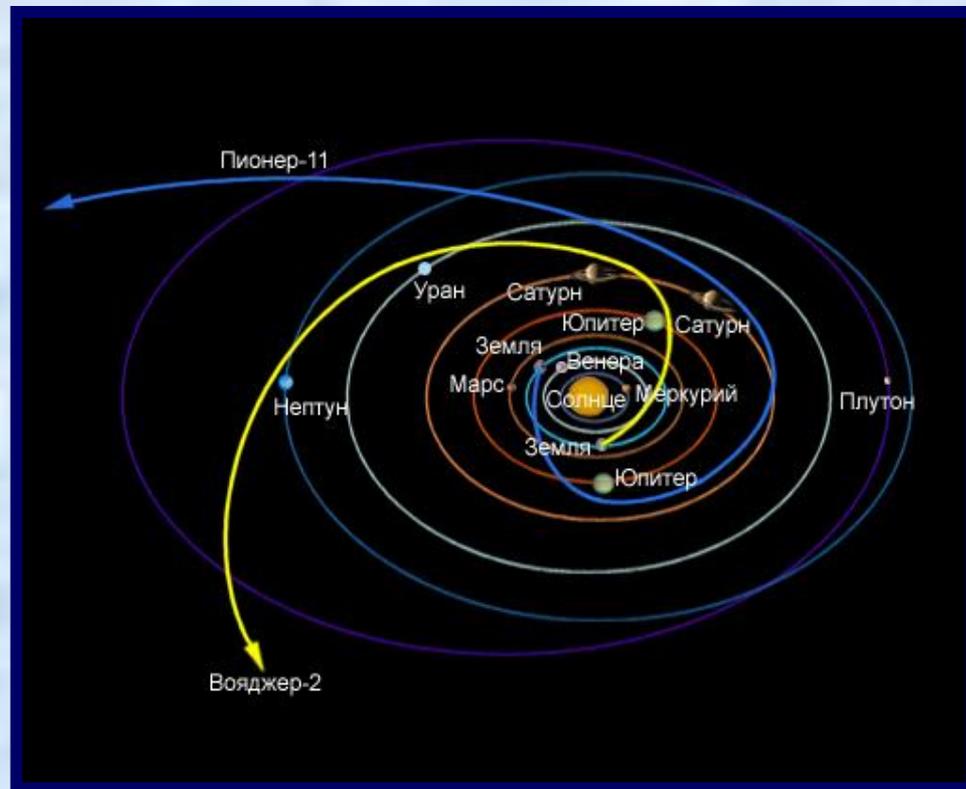
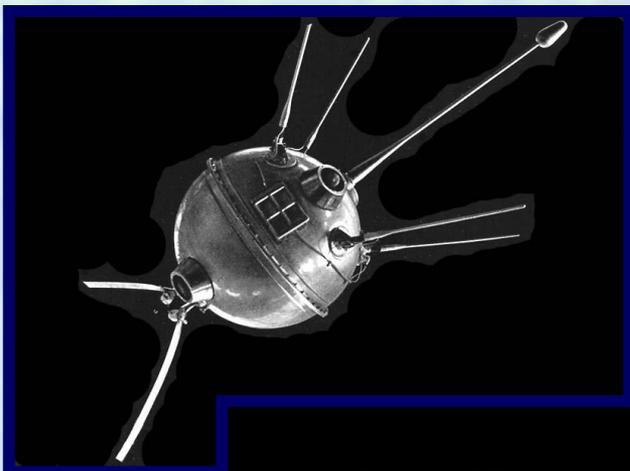
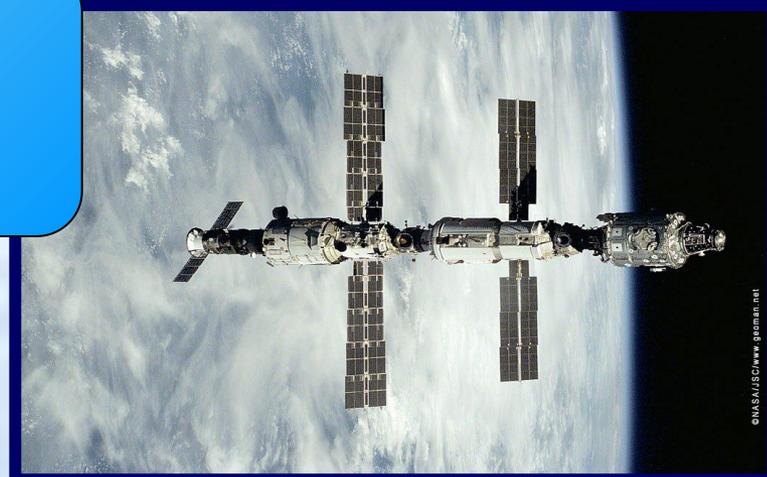
Двойных и
кратных звезд

Скоплений
галактик





Закон помогает



Рассчитывать движение
космических аппаратов

ЛОГИКА НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

Явления взаимного притяжения любых тел на расстоянии:
Луны и Земли, яблока и Земли и др.

ФАКТЫ

Действие земли на тела; сила тяжести $F_t = mg$
как характеристика этого действия.

Универсальность

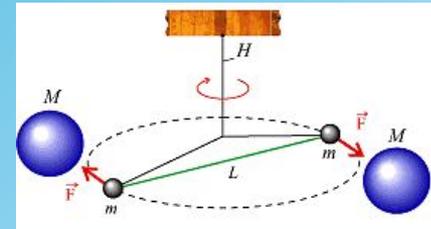
гравитационного взаимодействия
в природе – все тела и частицы участвуют в нем.

Модель взаимодействия:

на расстоянии между телами мгновенно без посредников.

МОДЕЛЬ

Закон всемирного тяготения – гениальное
открытие Ньютона (1667).



Экспериментальное определение G –

опыт Кавендиша (1798) – метод крутильных весов

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

Объяснение природы движения планет. Выяснение причины приливов
на Земле

Понимание «незаметности» силы всемирного тяготения для обычных
тел.

СЛЕДСТВИЯ

Есть ли границы применимости закона всемирного тяготения?