



# ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

# Из истории открытия закона всемирного тяготения...



## Датский астроном Тихо Браге (Тюге Браге)

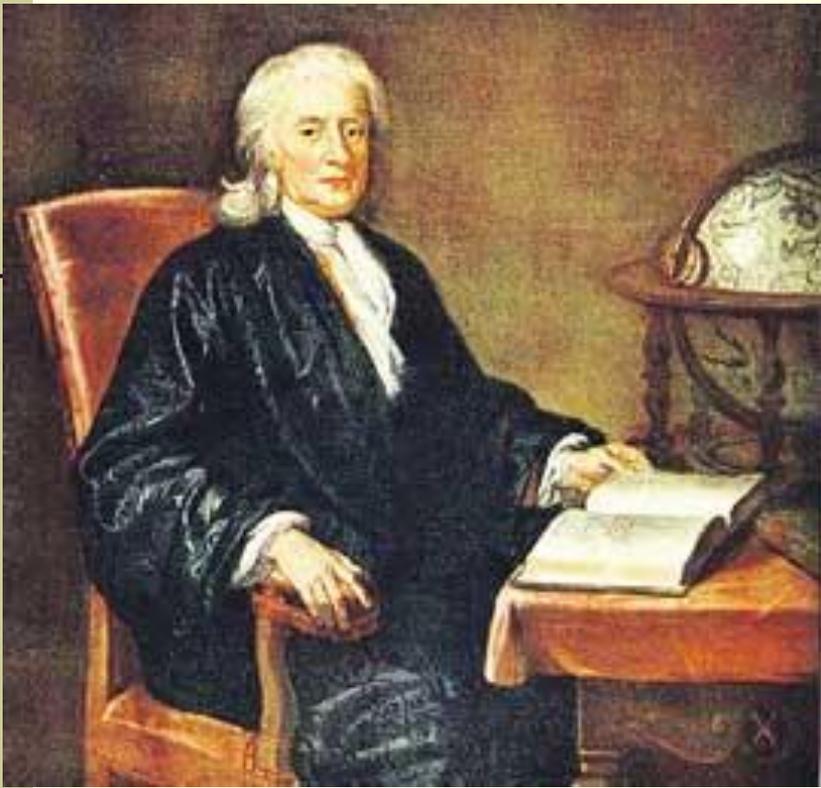
*Астролог и алхимик эпохи Возрождения. Первым в Европе начал проводить систематические и высокоточные астрономические наблюдения,*

# Из истории открытия закона всемирного тяготения



**Иоганн Кеплер  
(1571-1630)**

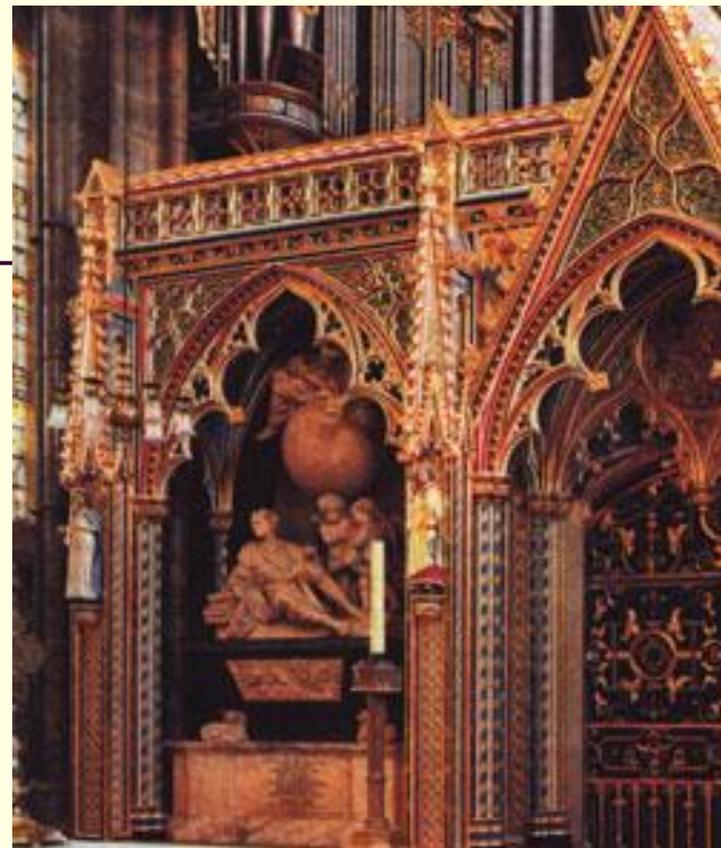
*анализ движения планет*



Исаак Ньютон  
(Newton)  
(1643–1727),  
английский математик,  
механик, астроном и  
физик, создатель  
классической  
механики,  
член (1672) и  
президент (с 1703)  
Лондонского  
королевского  
общества.

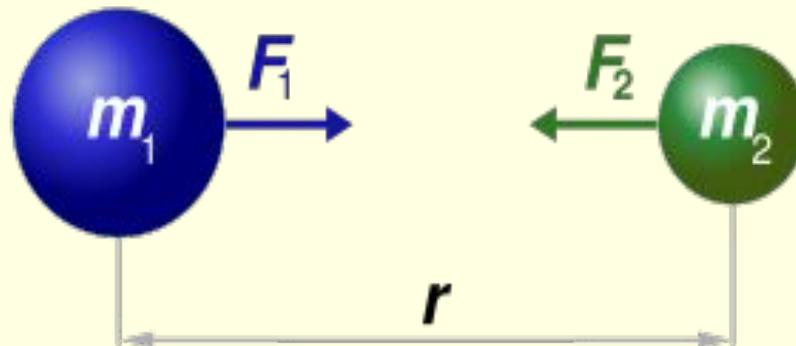
**Исаак Ньютон похоронен в Вестминстерском аббатстве. над его могилой висит памятник с бюстом и эпитафией**

**«Здесь покоится сэр Исаак Ньютон, дворянин, который почти божественным разумом первый доказал с факелом математики движение планет, пути комет и приливы океанов. Он исследовал различие световых лучей и проявляющиеся при этом различные свойства цветов... Пусть смертные радуются, что существует такое украшение рода человеческого».**



# ЗАКОН ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ

Два любых тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению масс этих тел и обратно пропорционально квадрату расстояния между ними.



$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

# 1798г. Эксперимент Генри Кавендиша по определению гравитационной постоянной.



Кавендиш определил, что сила тяжения между двумя телами была достаточно точно пропорциональна произведению их масс. Эта постоянная, что позволило ему определить массу Земли.

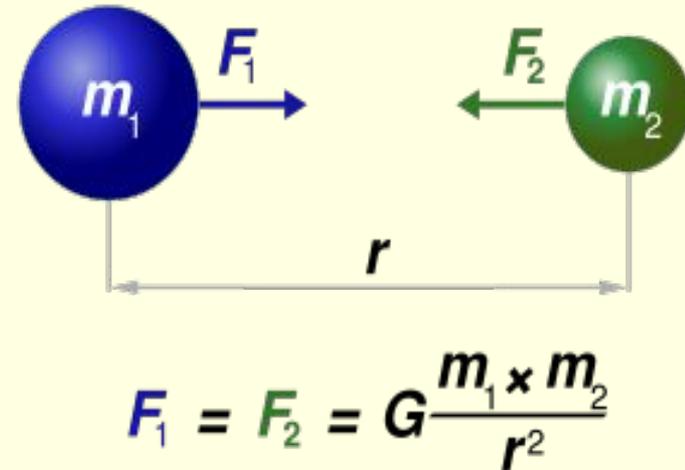
# ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПОСТОЯННОЙ

**G - универсальная  
гравитационная постоянная**  
 **$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}$**

Гравитационная постоянная численно равна силе притяжения двух тел, массой 1 кг каждое, находящихся на расстоянии 1 м друг от друга.

# Закон справедлив для:

1. Однородных шаров.
2. Для материальных точек.
3. Если одно тело шар , а другое материальная точка



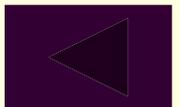
*Гравитационное взаимодействие существенно при взаимодействии тел большой массы.*

# Значение

**Наличие всемирного тяготения:**

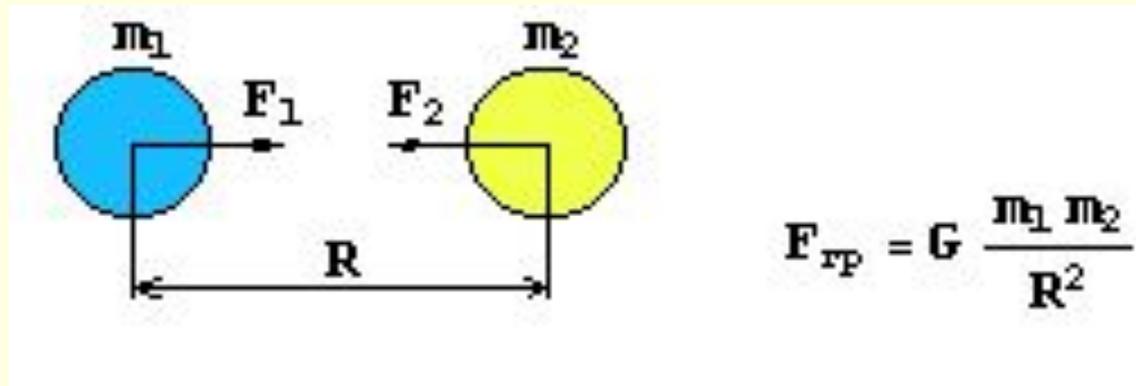
- ❖ **объясняет устойчивость солнечной системы;**
- ❖ **движение планет и других небесных тел;**
- ❖ **объясняет морские приливы и отливы.**

**С открытием закона всемирного тяготения, к людям пришло понимание принципа строения вселенной.**



# Применение:

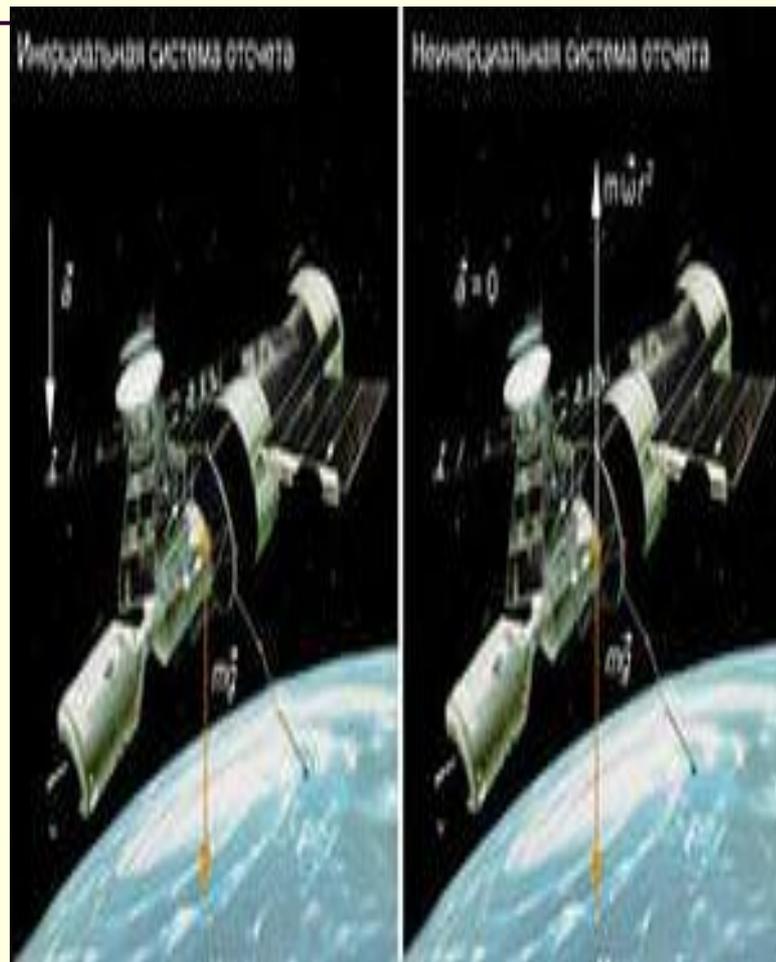
- Закономерности движения планет и их спутников. Уточнены законы Кеплера.
- Космонавтика. Расчет движения спутников



$$F_{\text{гг}} = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

# Применение

Ярчайшим примером применения закона всемирного тяготения является запуск искусственного Спутника Земли советскими учеными в 1957 году. Так как Земля притягивает одинаково на всех направлениях, спутник все время находится на равном расстоянии над поверхностью Земли.



# Анализ закона:

---

**Силы тяготения или иначе гравитационные силы, действующие между двумя телами:**

- дальнодействующие;**
- для них не существует преград;**
- направлены вдоль прямой, соединяющей тела;**
- равны по величине;**
- противоположны по направлению.**

# Внимание!:

---

- Закон не объясняет причин тяготения, а только устанавливает количественные закономерности.

- В случае взаимодействия трех и более тел задачу о движении тел нельзя решить в общем виде. Требуется учитывать "возмущения", вызванные другими телами (открытие Нептуна Адамсом и Леверье в 1846 г. и Плутона в 1930).

- В случае тел произвольной формы требуется суммировать взаимодействия между малыми частями каждого тела.

---

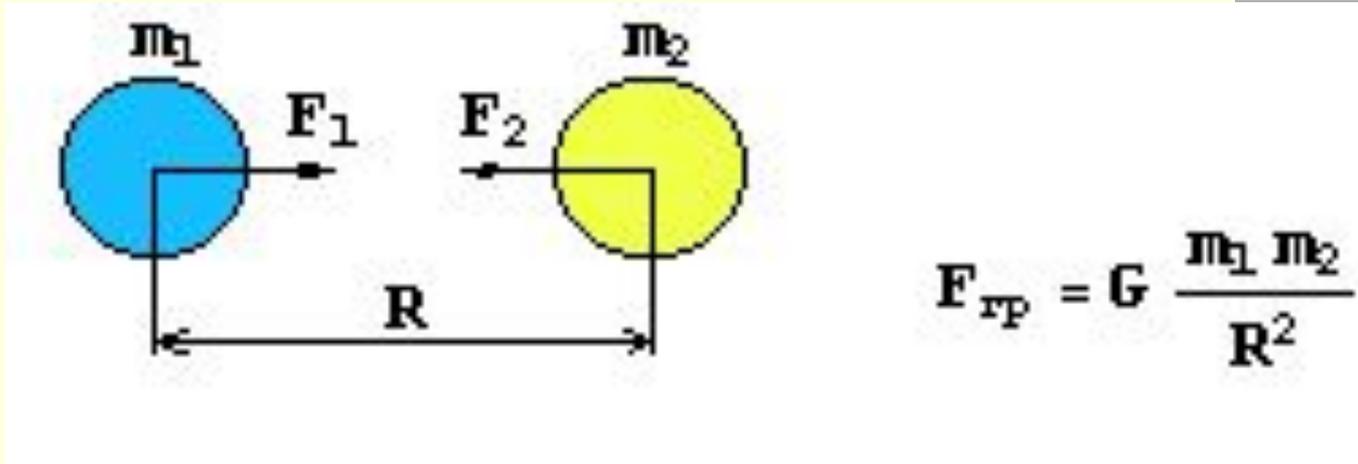
■ Как нужно изменить расстояние между центрами шаров, чтобы сила тяготения между двумя однородными шарами уменьшилась в 4 раза?

■ Сила тяготения между двумя однородными шарами увеличится в 9 раз, как изменилась масса шаров? Расстояние между шарами не изменилось. (Предложите 3 варианта ответа)

# ДОМА

1. Формулировка закона всемирного тяготения
2. Формулу закона
3. Выражать любую величину из формулы
4. Физический смысл гравитационной постоянной
5. Задача: При опытной проверке закона всемирного тяготения сила взаимодействия между двумя свинцовыми шарами массами  $m_1 = 5$  кг и  $m_2 = 500$  г, расстояние между центрами которых  $r = 7$  см, оказалась равной  $F = 34$  нН. Вычислите по этим данным гравитационную постоянную.

# гравитационная постоянная

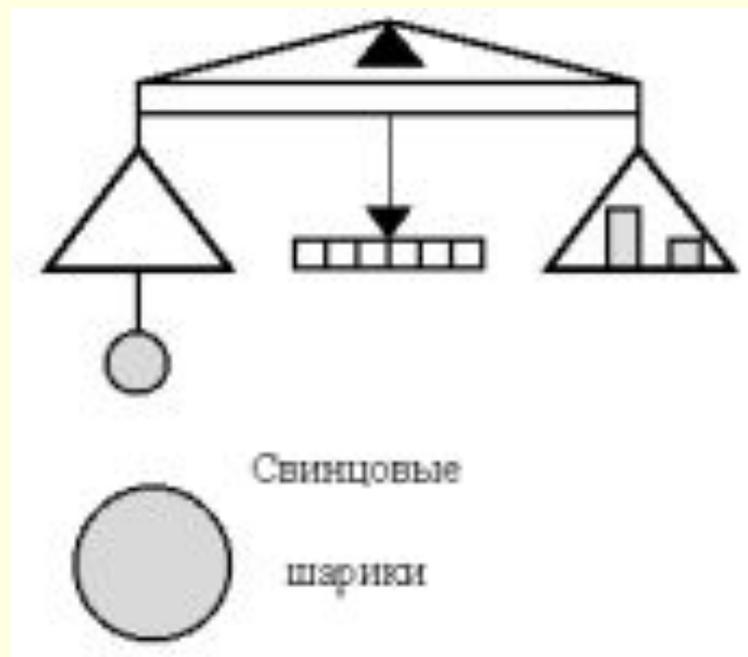
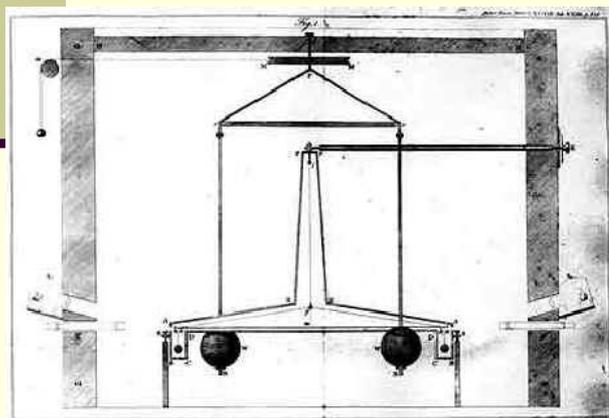


- $G$  - постоянная всемирного тяготения (гравитационная постоянная). Числовое значение зависит от выбора системы единиц.

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

# гравитационная постоянная

- Впервые прямые измерения гравитационной постоянной провел Г. Кавендиш с помощью крутильных весов в 1798 г.



# гравитационная постоянная

- **Физический смысл гравитационной постоянной:**

*гравитационная постоянная численно равна модулю силы тяготения, действующей между двумя точечными телами массой по **1 кг** каждое, находящимися на расстоянии **1 м** друг от друга.*

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

# ЭТО ИНТЕРЕСНО

- Если **изменить постоянную тяготения**, скажем увеличить ее на 10 процентов, что произойдет?
- Сократится радиус земной орбиты, увеличится количество тепла, поступающего на Землю от Солнца. Температура Земли, как показывают расчеты физиков, подскочит **на 100 градусов**. Резко изменится и угрожающе изменится климат/ В подобных условиях существование на Земле высокоорганизованной органической материи стало бы по-видимому, **НЕВОЗМОЖНЫМ**.



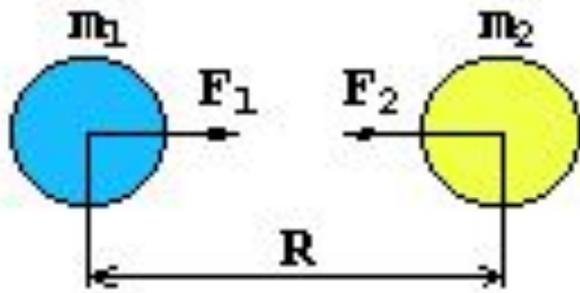
# ЭТО ИНТЕРЕСНО

---

- Земля отстоит от Солнца на 150 миллионов километров. **Случайность?**

Вовсе нет. Именно здесь центробежная сила (вращение Земли вокруг Солнца) **уравновешивается** силой притяжения.

Вот так ход планетам диктует постоянная тяготения, входящая в данный нам Ньютоном закон.



$$F_{rp} = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$



Пусть  $m_1 = m_2 = 1$  кг,  $R = 1$  м, тогда:  $G = F$   
(численно).

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

То, что гравитационная постоянная очень мала показывает, что интенсивность гравитационного взаимодействия мала.

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{H \cdot M^2}{кг^2}$$

- Ускорение, которое испытывает тело  $m$ , находящееся на расстоянии  $r$  от тела  $M$ , равно
- В частности, **ускорение свободного падения** в поле Земли равно  $\frac{GM}{r^2}$ , где  $M$  – масса Земли,  $r$  – расстояние до ее центра. Вблизи поверхности Земли ускорение свободного падения равно  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .
- Сплюснутость Земли и ее вращение приводят к отличию силы тяжести на экваторе и возле полюсов: ускорение свободного падения в точке наблюдения может приближенно вычисляться по формуле  $g = 9,78 \cdot (1 + 0,0053 \sin^2 \varphi)$ , где  $\varphi$  – широта этой точки.