

---

# Концепции современного естествознания

---

---

# Естествознание – знание естественных наук

Физика (строение и свойства материи)

Химия (превращение веществ)

Биология (живая природа)

Геология (состав, строение, развитие Земли)

Астрономия (космические объекты и явления)



*О природе*

---

---

# Физика

**Физика** – наука наиболее общих законов движения и взаимодействия различных видов материи.

**Материя** – объективная реальность.

---

---

# Три вида материи:

1. **вещество** (обладает массой покоя)

4 агрегатных состояния вещества:

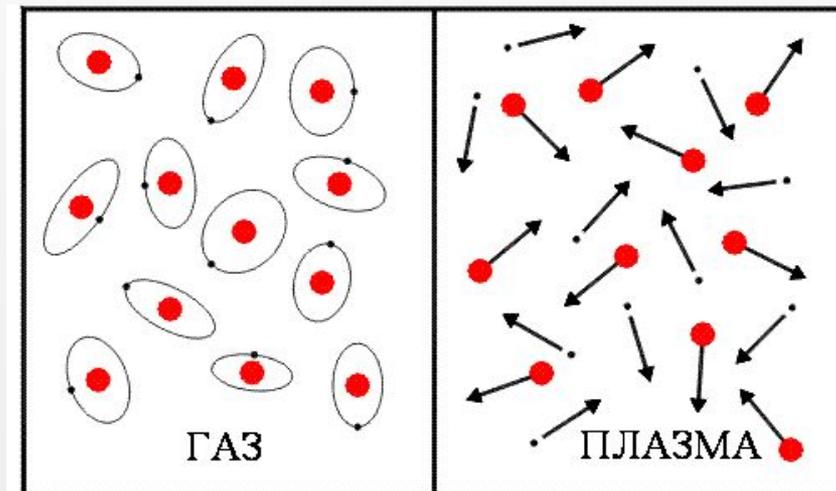
твердое

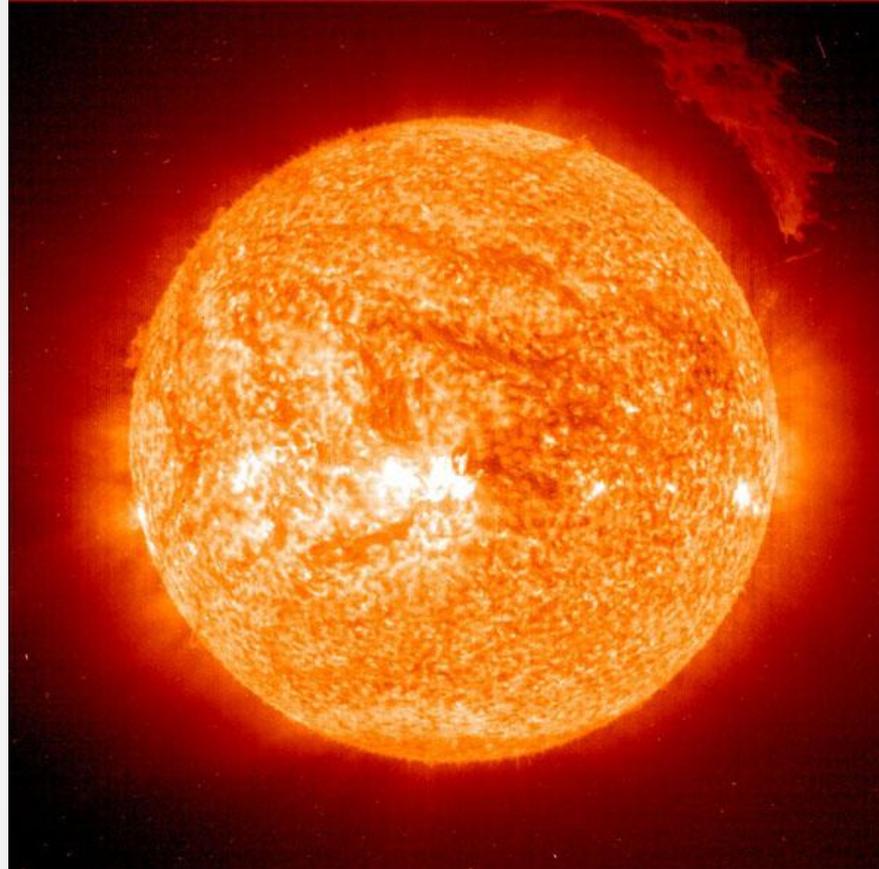
жидкое

газообразное

плазменное

Плазма – ионизированный газ.





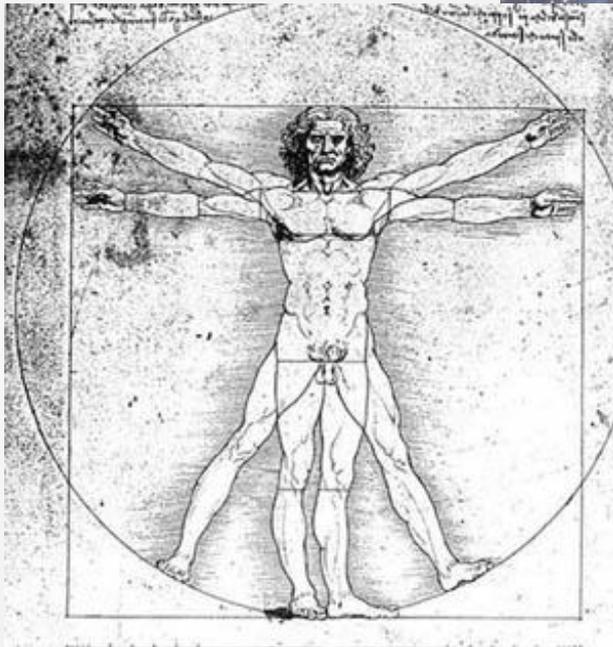
Солнце

---

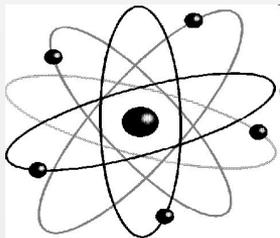
---

# Три вида материи:

2. **физическое поле** (обеспечивает физическое взаимодействие)
  3. **физический вакуум** – наименьшее по энергии состояние, в котором отсутствуют **реальные частицы**.
-



макромир

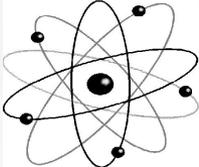
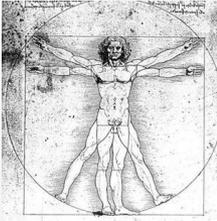


микромир

# МЕГАМИР

**Критерий:** соизмеримость  
или несоизмеримость  
объектов с масштабами  
человека

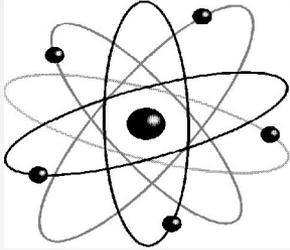
---

	Размер, см	Масса, кг
микромир 	$10^{-22} - 10^{-6}$	$\sim 10^{-10}$
макромир 	$10^{-6} - 1,4 \cdot 10^9$	$10^{-10} - 10^{20}$
мегамир 	$1,4 \cdot 10^9 - 10^{28}$	$> 10^{20}$

---

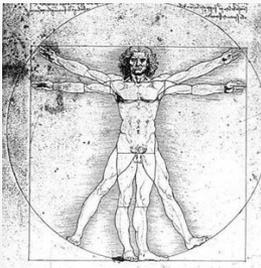
## Объекты

микромир



элементарные и фундаментальные частицы, ядра атомов, атомы, простые неорганические молекулы.

макромир



органические молекулы, элементарная единица живого – клетка, животные, человек, Земля

мегамир



планеты, звезды, галактики, скопления галактик, Метагалактика, Вселенная

---

# Основные разделы физики

- Механика
  - Специальная и Общая теории относительности
  - Электродинамика
  - Термодинамика
  - Атомная физика
  - Теория фундаментальных взаимодействий
-

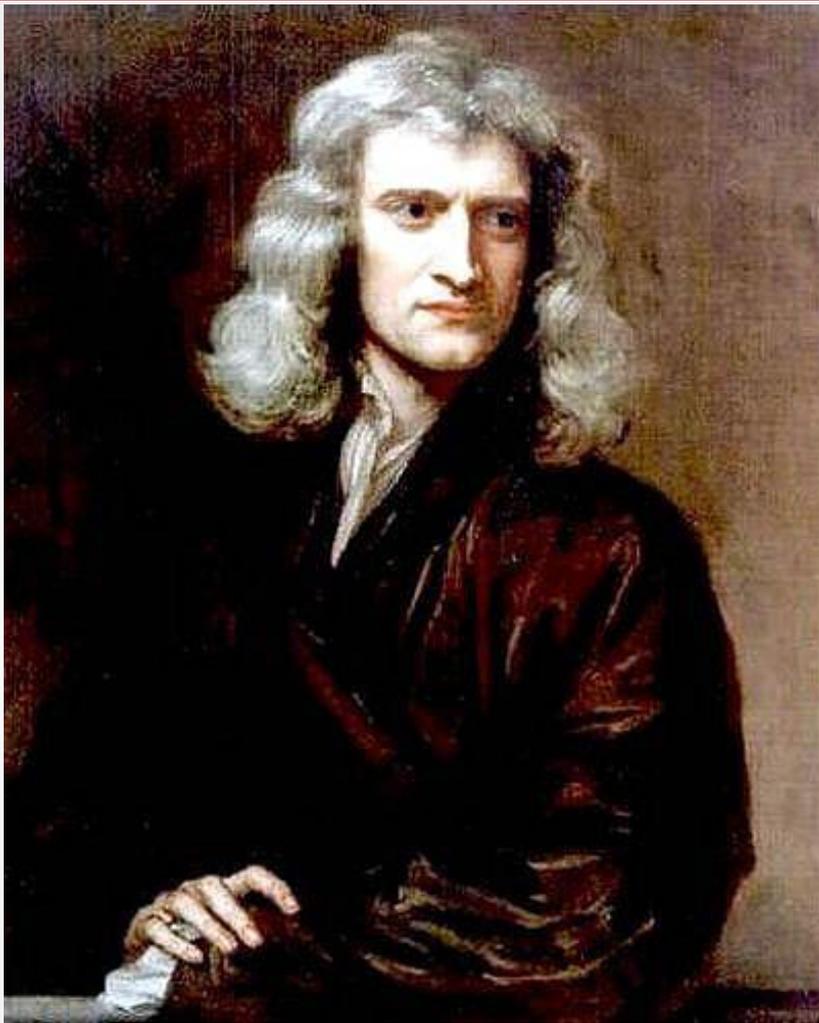
---

**Механика** изучает механическое движение тел под действием заданных сил без выяснения природы сил и структуры тел.

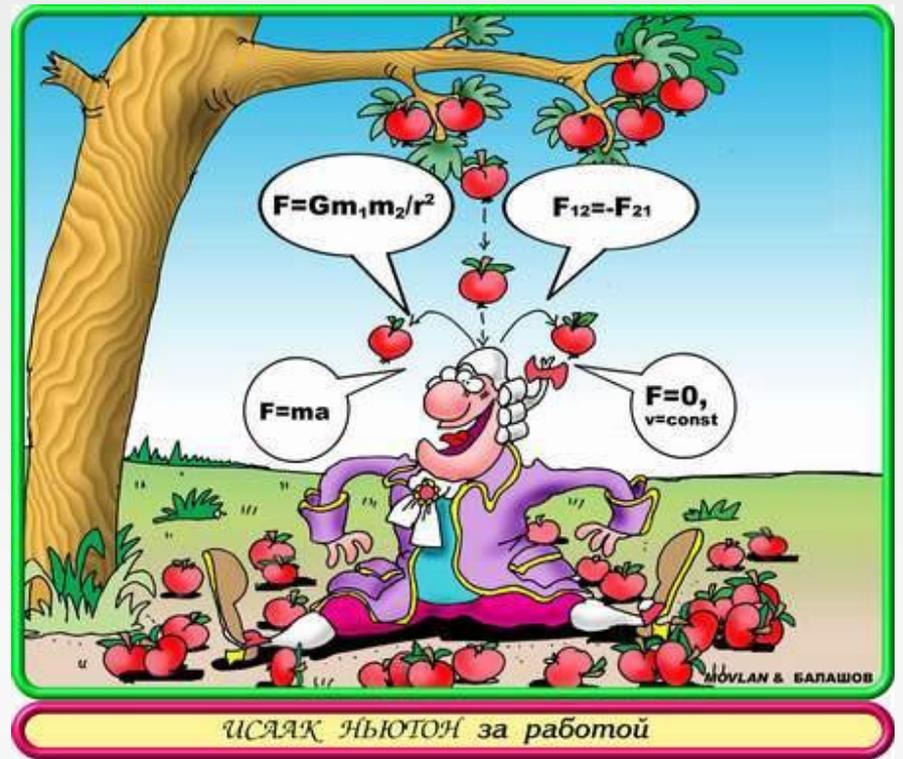
Классическая механика (Ньютон)

$$V \ll c$$

---



Сэр Исаак Ньютон  
(1642-1727)  
англ. физик



*Is. Newton*

---

# Законы Ньютона

1. Закон инерции

$$F = 0 \Rightarrow V = \text{const}, a = 0$$

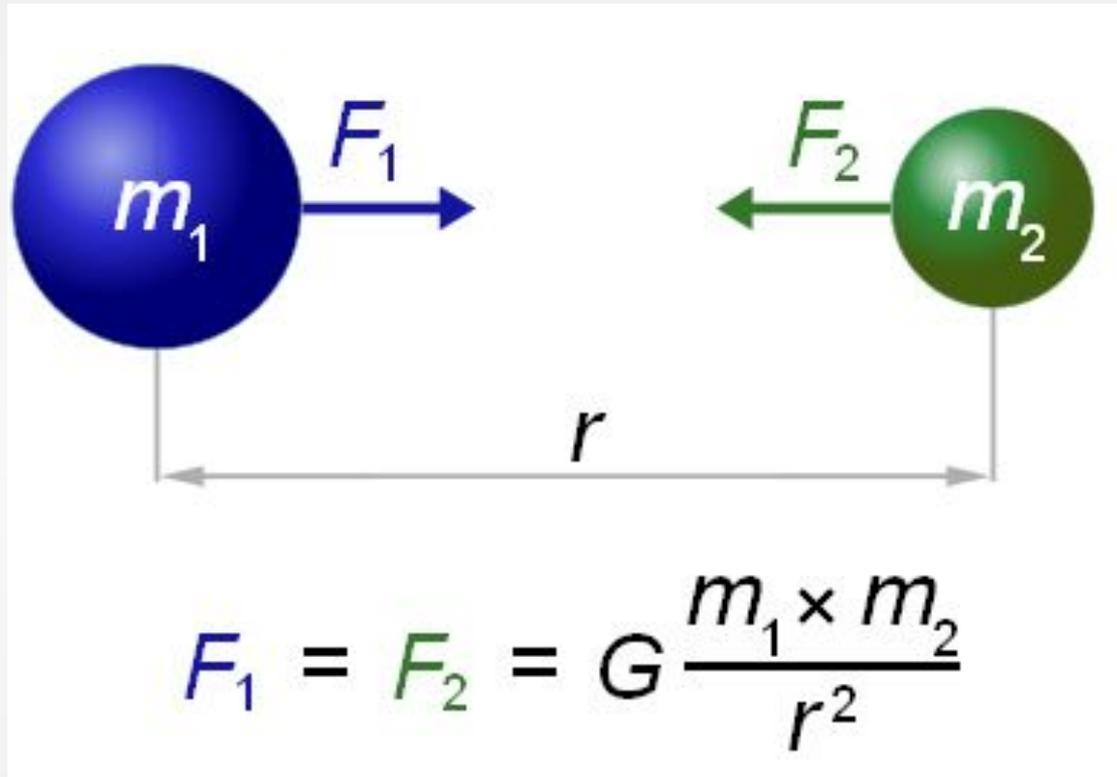
2.  $F = ma$

3.  $F_{1 \rightarrow 2} = -F_{2 \rightarrow 1}$

---

---

# Закон всемирного тяготения



Гравитация – взаимное притяжение тел.

---

---

# Пространство и время в классической механике

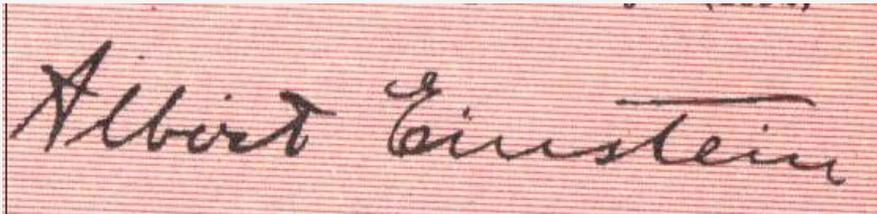
Пространство и время **абсолютны**  
– «вместилище тел».

Пространство и время – некие  
субстанции, обладающие самостоятельным  
существованием и не связаны с  
материальными телами.

---

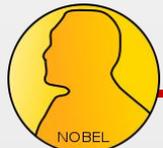
---

# Теория ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ



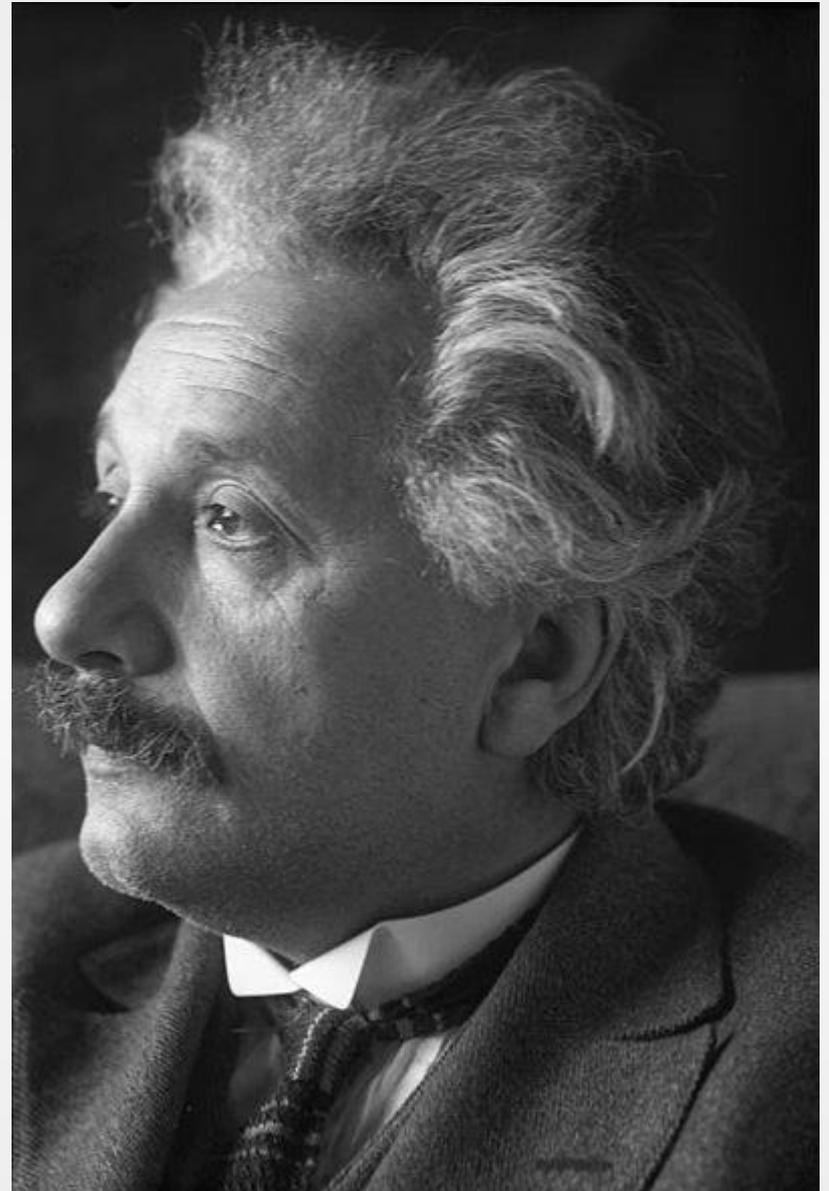
Albert Einstein

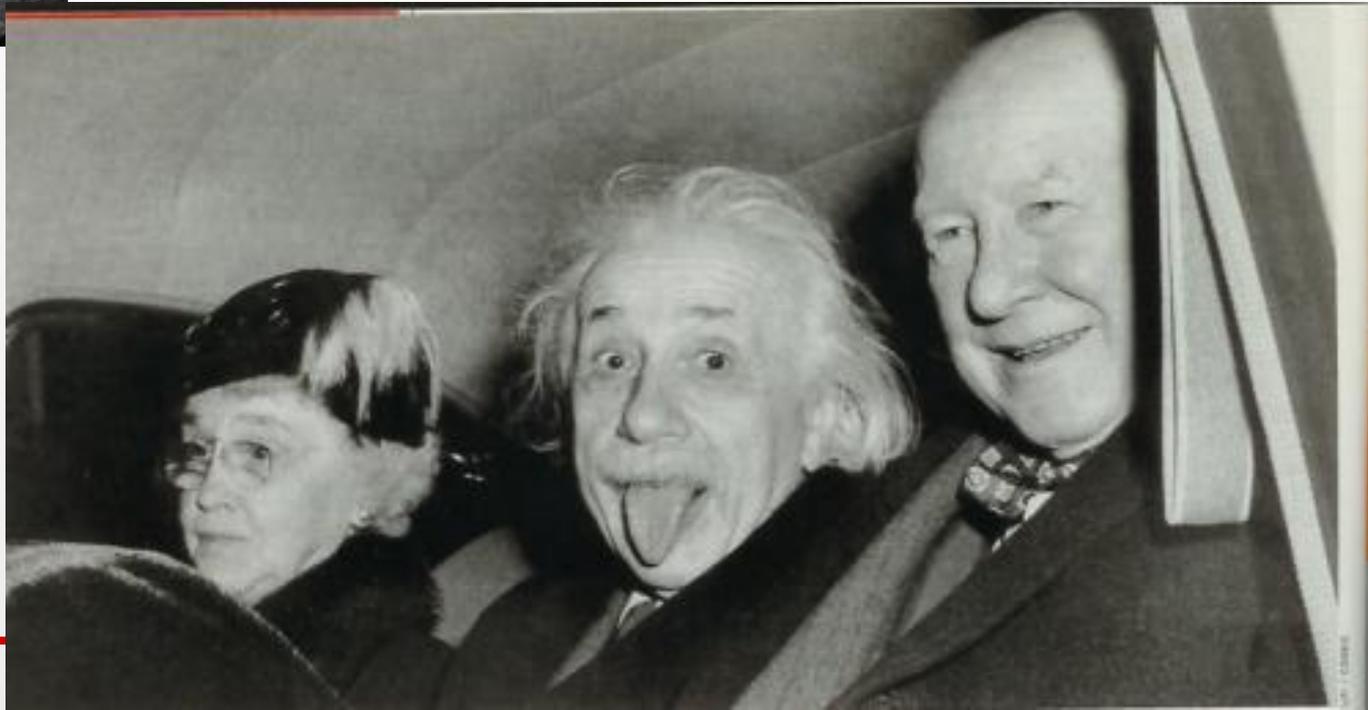
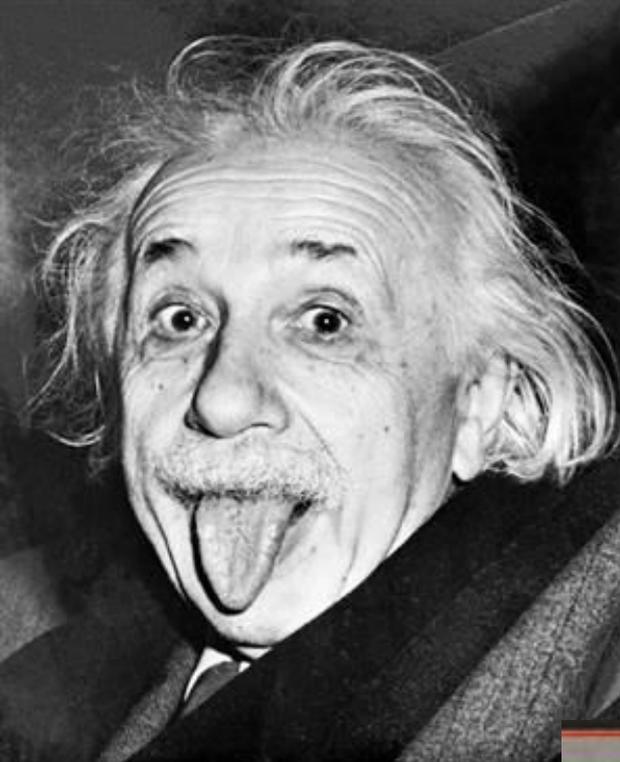
**Альберт Эйнштейн**  
**(1879-1955)**



*Нобелевская премия по физике (1921)*

---





14 марта 1951 г.  
Фотограф  
~~Arthur Sasse~~

---

# Теория относительности

специальная

общая

для  
**ИНЕРЦИАЛЬНЫХ**  
систем отсчета  
(движение  
равномерное и  
прямолинейное)

---

СТО исходит из двух постулатов:

## 1. Принцип относительности

**Все физические явления происходят одинаково во всех инерциальных системах отсчета.**

## 2. Принцип постоянства скорости света

**Скорость света в вакууме во всех инерциальных системах отсчета одинакова.**

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\mathcal{M}}{c}$$

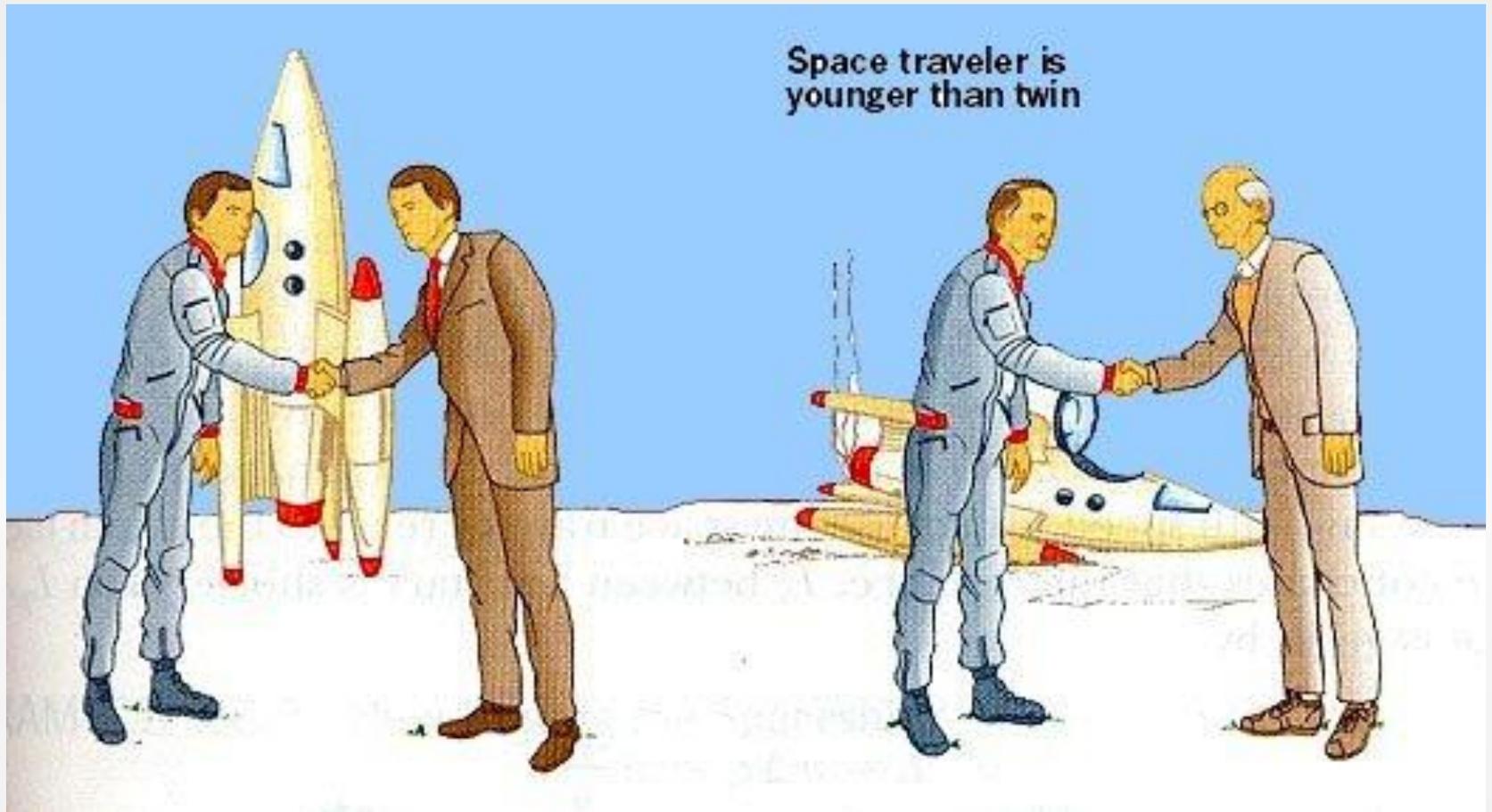
---

---

Релятивистские эффекты – эффекты, наблюдаемые при скоростях близких к скорости света.

1. Сокращение длины
2. Замедление времени





Парадокс близнецов

---

# Пространство и время

Классическая механика: абсолютны

СТО: относительны

---

---

## ТО: Пространство и время

- части единого пространства-времени
- без материи существовать не могут

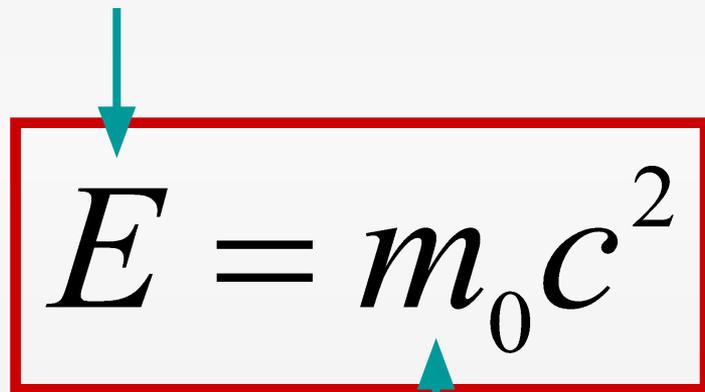
**Пространство и время  
взаимосвязаны и зависят от материи.**

---

# Формула Альберта Эйнштейна

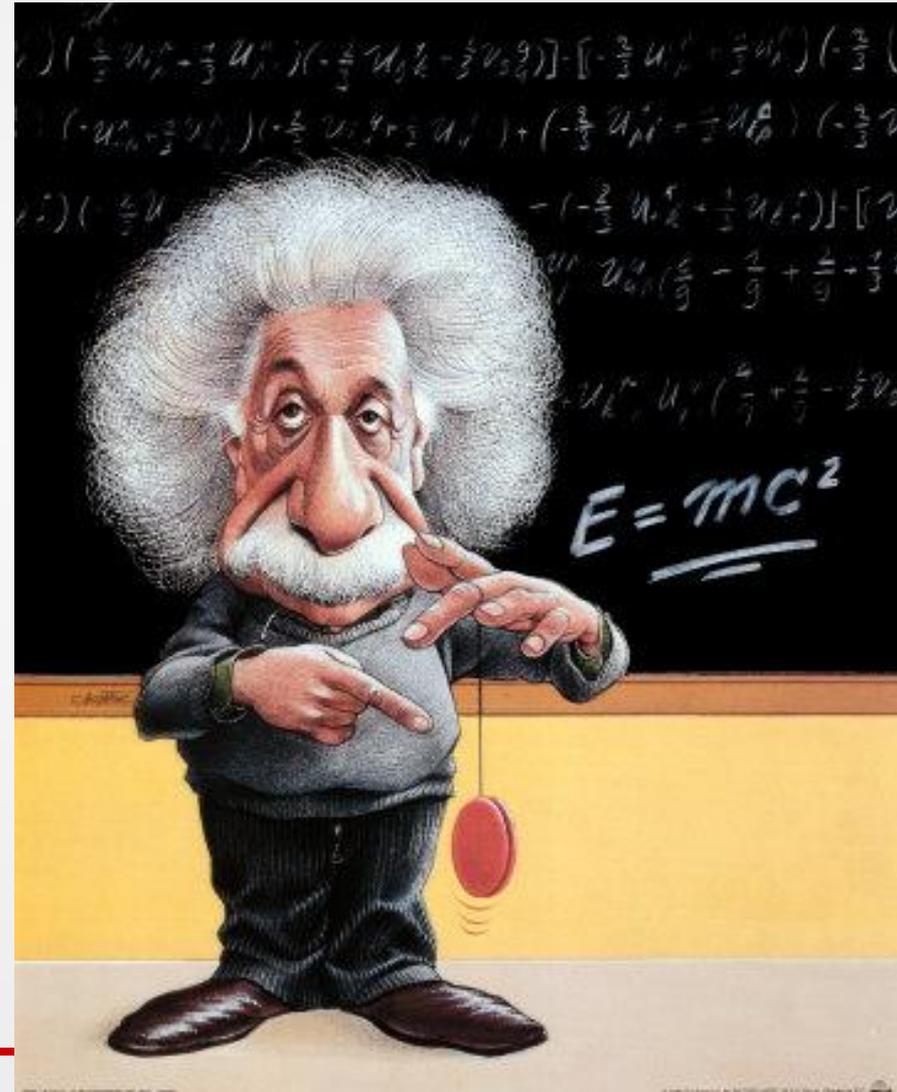
$$V = 0$$

Энергия покоя


$$E = m_0 c^2$$

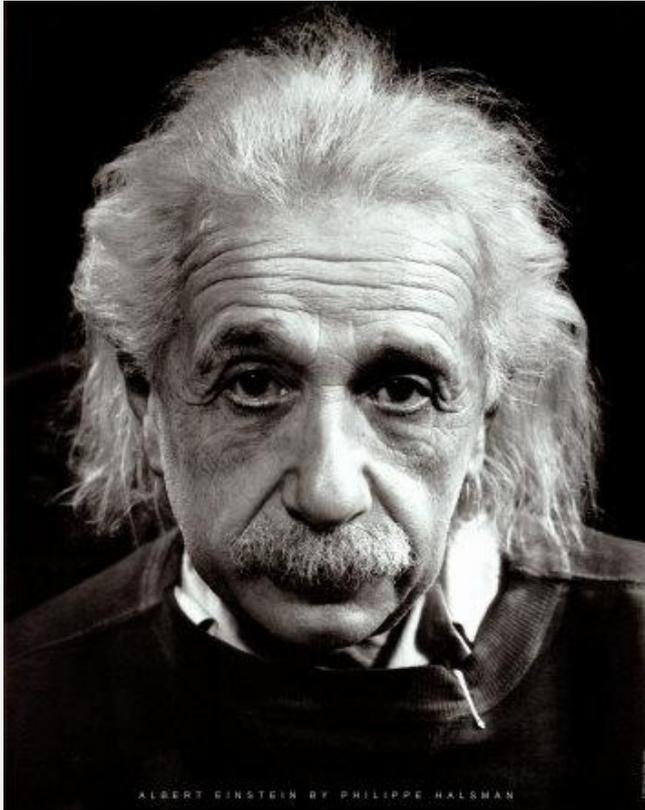
масса покоя

**СВЯЗЬ**  
**массы и энергии**



---

# ОТО – геометрическая теория тяготения



Распространяется на  
**НЕИНЕРЦИАЛЬНЫЕ**  
системы отсчета

**Гравитация = Движение с  
ускорением**

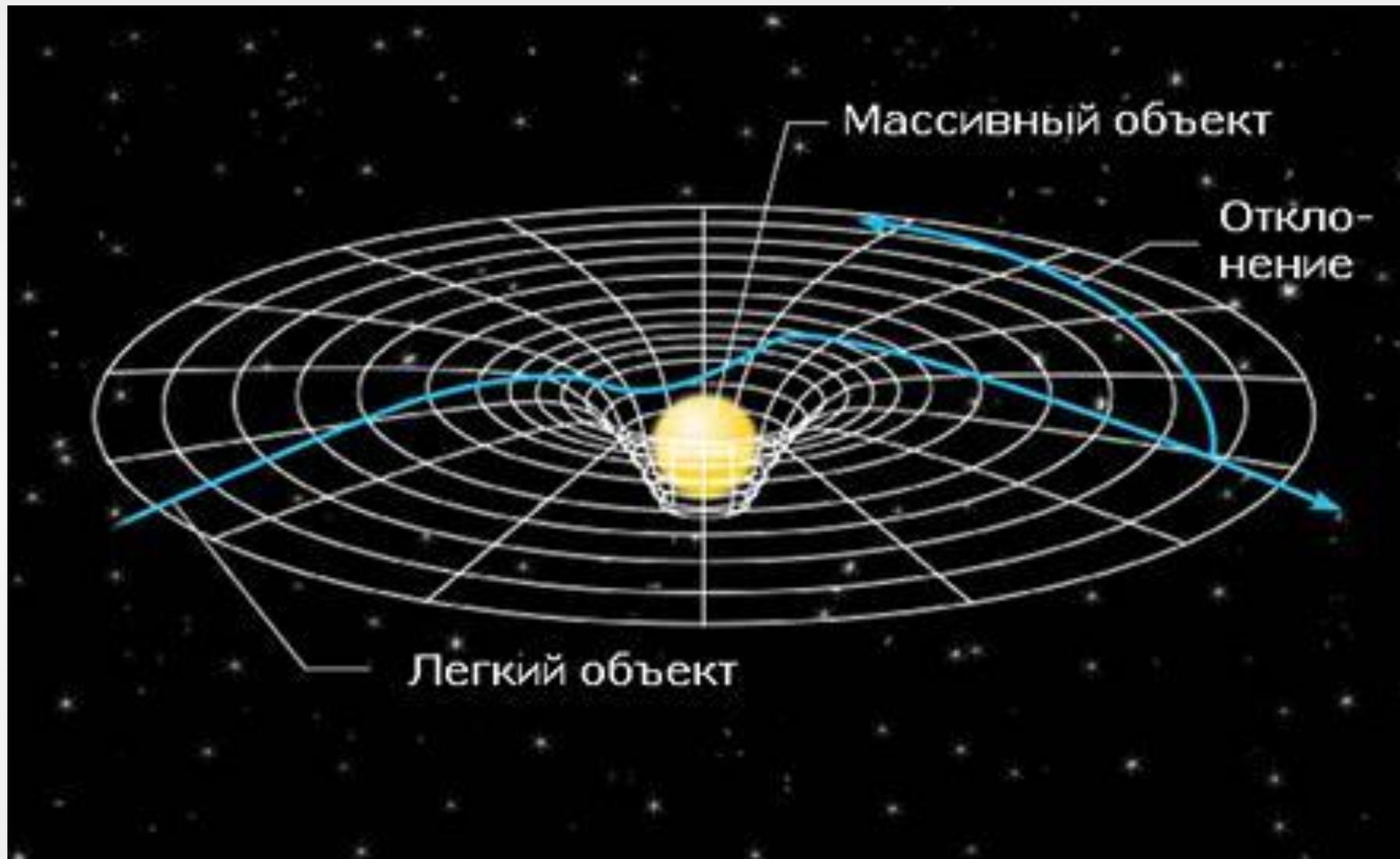
---

---

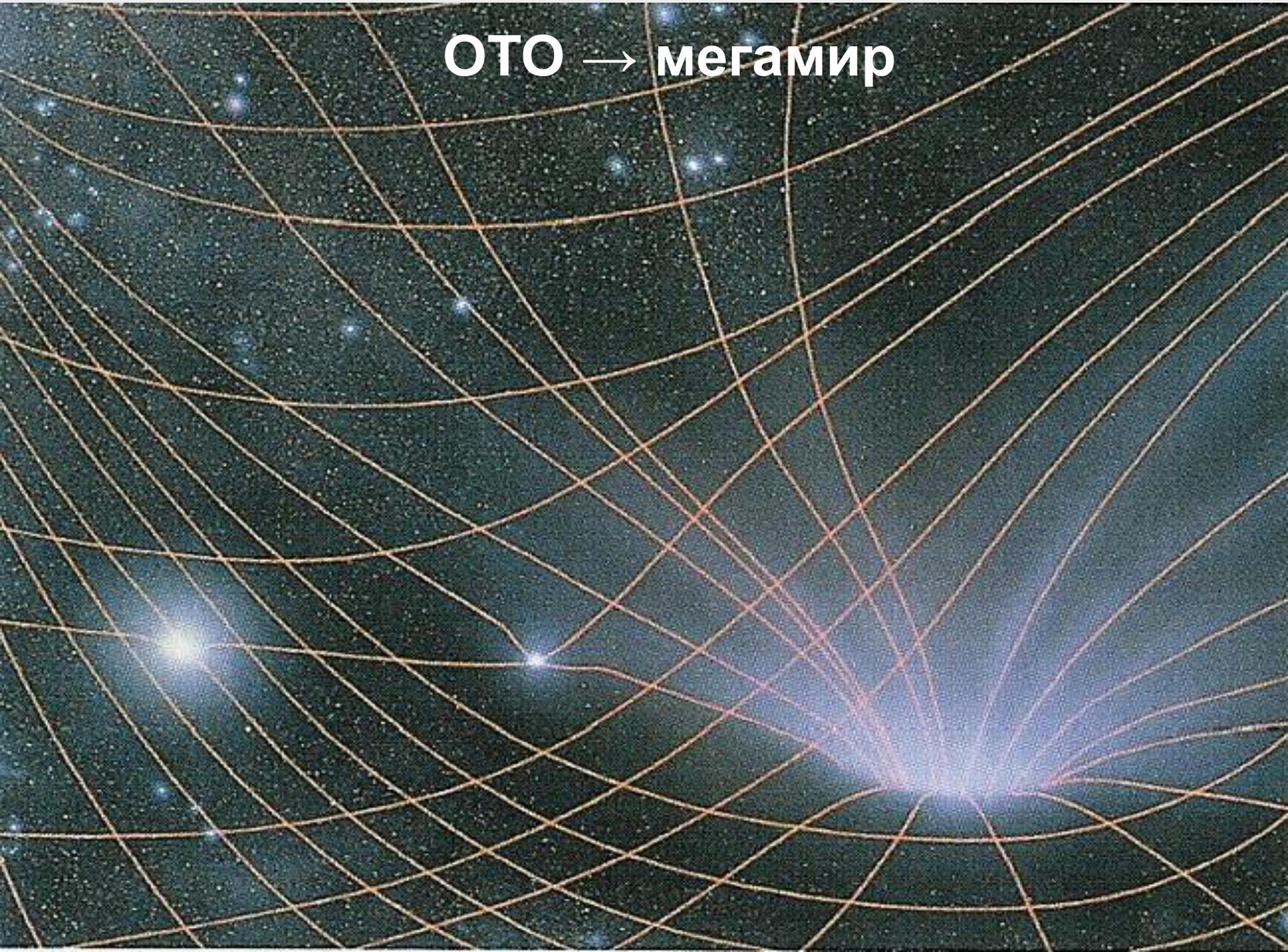
**Гравитация** – это не сила, а изменение (геометрических) свойств пространства-времени – **искривление** 4-мерного пространства-времени.

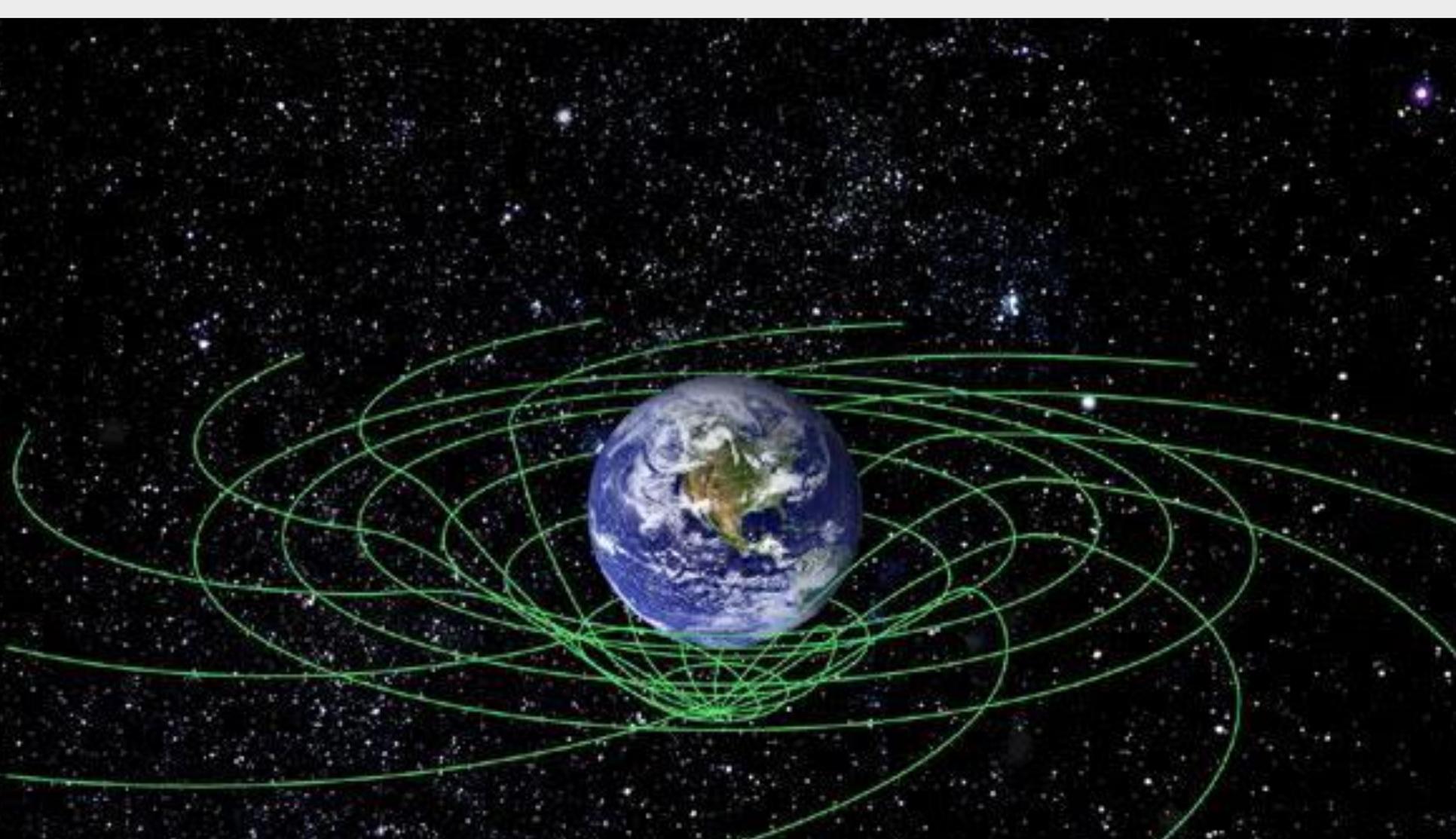
Своим присутствием и движением  
материальные тела  
изменяют (искривляют) геометрию  
пространства-времени.

---



OTO → мегамир

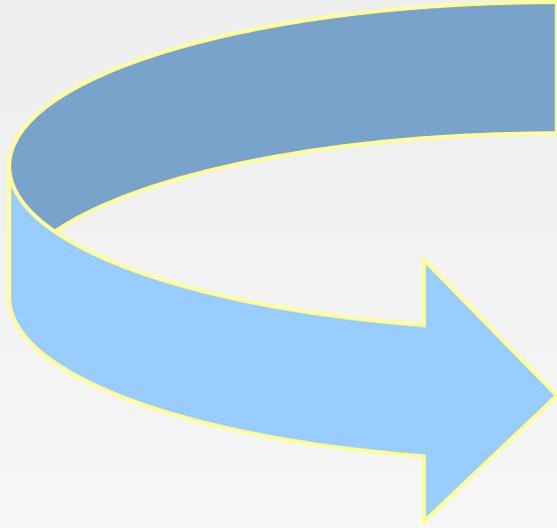




**Земля движется по орбите не потому,  
что Солнце ее притягивает,  
а потому, что 4-мерное пространство-время ИСКРИВЛЕНО**

---

СТО и ОТО



Классическая механика

Принцип соответствия

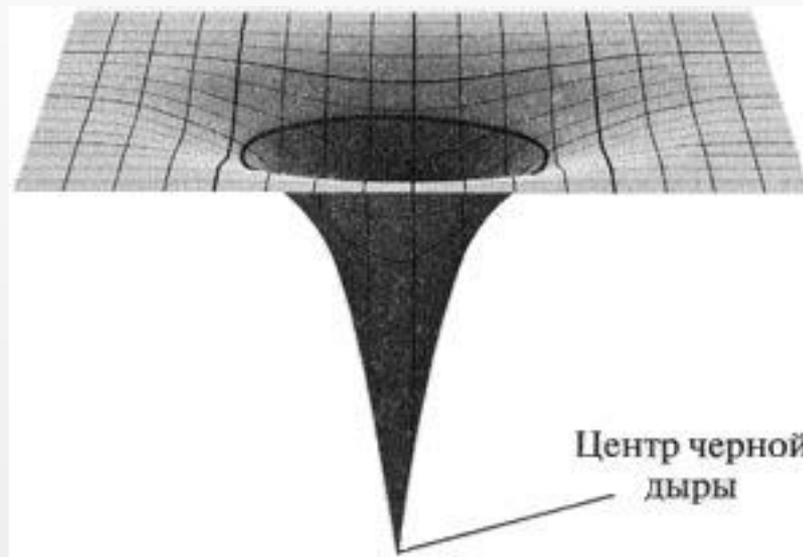
Классическая механика является приближением  
ОТО в слабых полях гравитации и при малых  
скоростях движения.

---

---

# Предсказание ОТО

## ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ



---

**Черная дыра** – это область в пространстве-времени, гравитационное притяжение которой настолько велико, что покинуть ее не могут даже объекты движущиеся со скоростью света.

Граница этой области называется **горизонт событий**.

Черные дыры не доступны для непосредственного наблюдения.

Время на них останавливается.

---

---

# Электродинамика

Электрические и магнитные силы известны с античности.

---



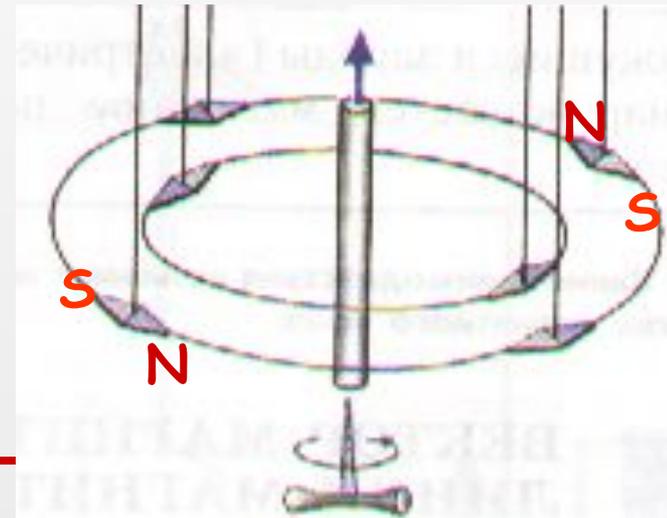
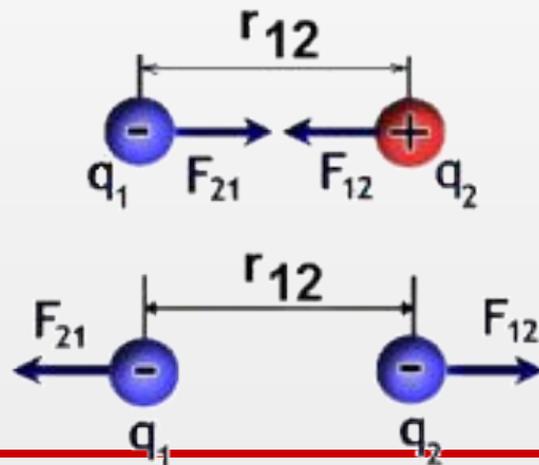
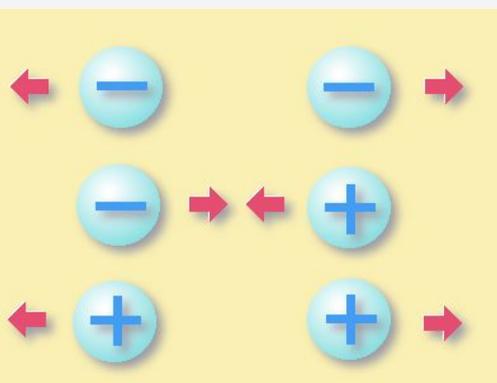
Шарль Дюфе  
(1698-1739)  
фран. физик



Шарль Огюстен де Кулон  
(1736-1806)  
фран. физик

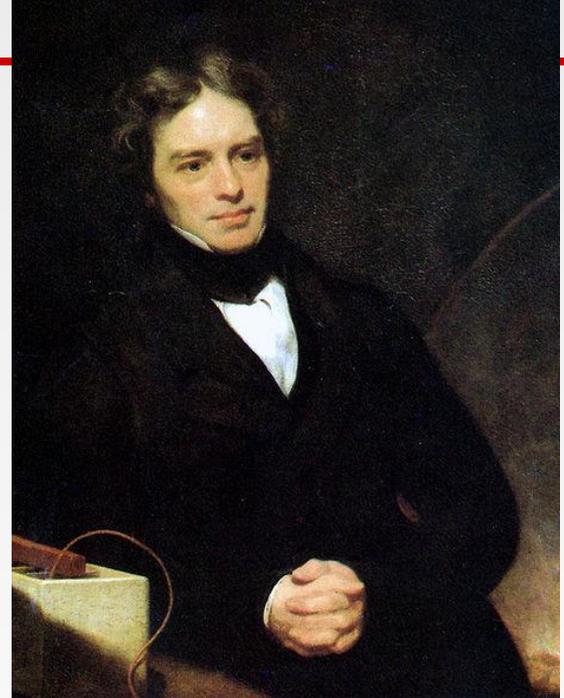


Ханс Эрстед  
(1777-1851)  
датский физик

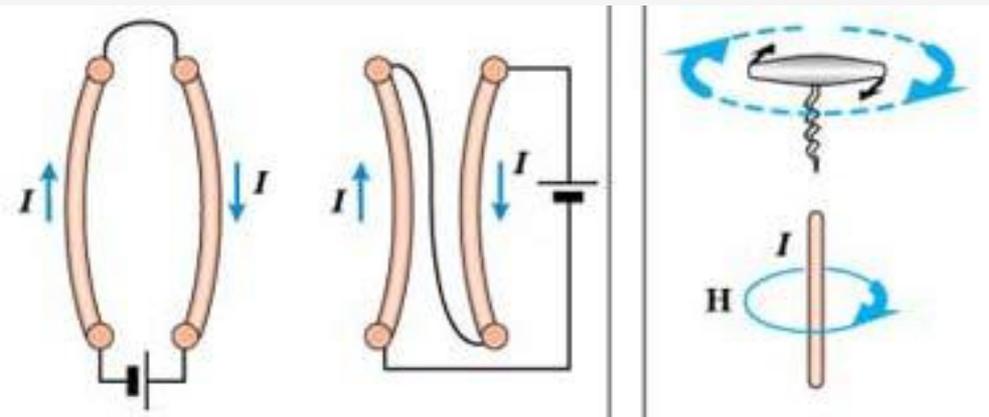




Андре-Мари Ампер  
(1775-1836)  
*фран. физик*



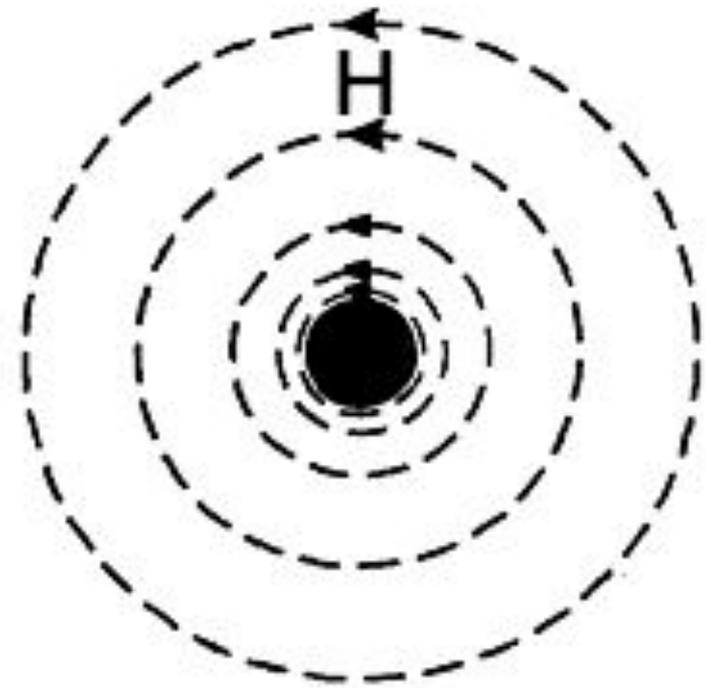
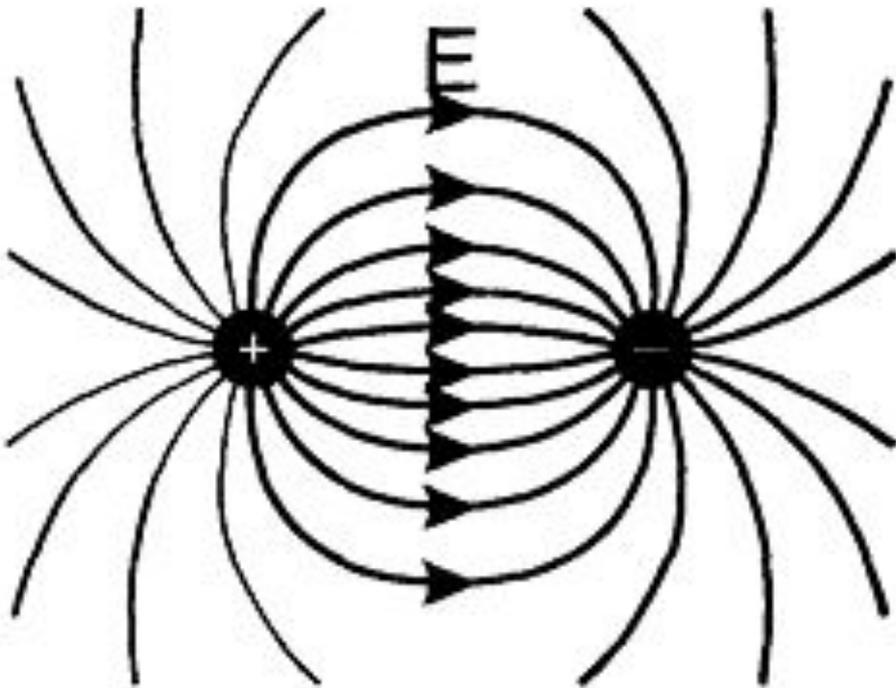
Майкл Фарадей  
(1791-1867)  
*англ. физик*



**Понятие поля**

---

# Силовые линии



## Фарадей за опытами в лаборатории



*«Это был ум, который никогда не погрязал в формулах.»*

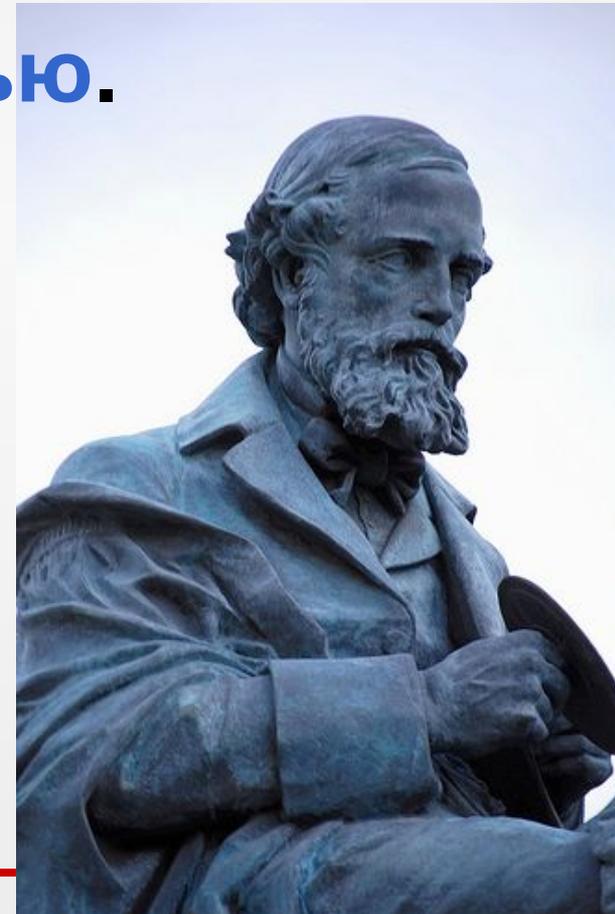
***А. Эйнштейн***

---

Электромагнитное  
**поле** стало **новой**  
**физической**  
**реальностью.**



Джеймс Максвелл  
(1831-1879)  
*брит. физик*



Памятник в Эдинбурге

---

---

# Уравнения Максвелла и их смысл

Электрическое поле, соответствующее какому-либо распределению заряда, определяется из закона Кулона.

Магнитные заряды не существуют.

Переменное магнитное поле возбуждает электрический ток.

Магнитное поле возбуждается токами и переменными электрическими полями.

---

---

# Следствие из уравнений Максвелла

Изменяющееся со временем **электрическое поле**, должно порождать **магнитное поле**.

А это переменное **магнитное поле**, в свою очередь, должно порождать **электрическое поле**.

Единое электромагнитное поле!

---

---

Решение уравнений Максвелла для вакуума:

Вычисленная

скорость распространения

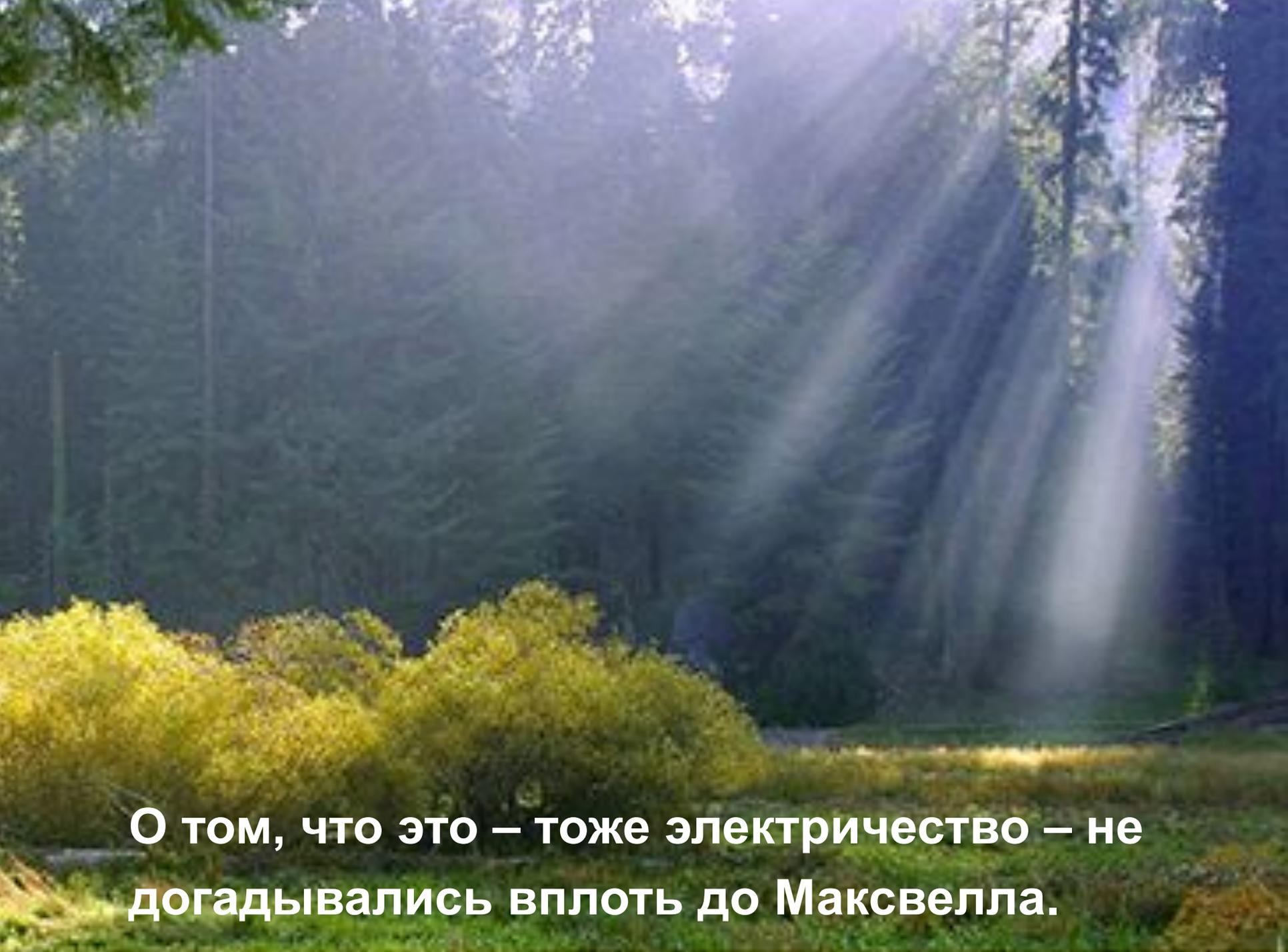
электромагнитной волны

**совпала со скоростью света.**

Вывод:

**Свет – это электромагнитная волна!**

---

A photograph of a forest scene. In the foreground, there are several bushes with bright yellow-green leaves. The background is a dense forest of tall, thin trees. Sunlight rays are visible, streaming down from the top right corner through the canopy, creating a dramatic effect. The overall atmosphere is serene and natural.

**О том, что это – тоже электричество – не догадывались вплоть до Максвелла.**

**И сказал БОГ :**

$$E = hf = hc/\lambda, \quad eV_0 = hf - W, \quad E = mc^2, \quad E^2 = p^2c^2 + m^2c^4, \quad \Psi(x,t) = \int_{-\infty}^{\infty} A(k) e^{i(kx - \omega t)} dk$$

$$p = h/\lambda, \quad \Psi(x,t) = e^{i(kx - \omega t)} \int_{-\infty}^{\infty} A(k) e^{i(kx - \omega t - (kx - \omega t))} dk, \quad v = \left(\frac{d\omega}{dk}\right)_x, \quad E = p^2/2m$$

$$\Psi(x,t) = e^{i(kx - \omega t)} \int_{-\infty}^{\infty} A(k) e^{i(kx - \omega t - (kx - \omega t))} dk, \quad v = \left(\frac{d\omega}{dk}\right)_x, \quad \hbar \omega e^{i(kx - \omega t)} = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} e^{i(kx - \omega t)}$$

$$E = \hbar^2 k^2 / 2m, \quad E = \hbar \omega = \hbar^2 k^2 / 2m, \quad m_{rel} = \frac{m}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad \frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \Psi}{dx^2} = \hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t}$$

$$\frac{d^2 \Psi}{dx^2} + \frac{2m(E - V)}{\hbar^2} \Psi = 0, \quad k^2 = \frac{2m(E - V)}{\hbar^2}, \quad \lambda = \frac{h}{\sqrt{2m(E - V)}}, \quad E = \frac{1}{2} \hbar^2 k^2$$

$$E \Psi = -\frac{\hbar}{2m} \left( \frac{d^2 \Psi}{dx^2} + \frac{d^2 \Psi}{dy^2} + \frac{d^2 \Psi}{dz^2} \right) - \frac{2e^2}{4\pi \epsilon_0 r} \Psi, \quad J = \nabla \times H, \quad \frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{k}{x} x = 0$$

$$J = \frac{1}{r \sin \theta} \left[ \frac{\partial H_z}{\partial \theta} \sin \theta - \frac{\partial H_\theta}{\partial \phi} \right] \bar{a}_r + \frac{1}{r} \left[ \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial H_\theta}{\partial \phi} - \frac{\partial (r H_\phi)}{\partial r} \right] \bar{a}_\theta + \frac{1}{r} \left[ \frac{\partial (r H_\phi)}{\partial r} - \frac{\partial H_r}{\partial \theta} \right] \bar{a}_\phi$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \left( \frac{d^2 \Psi}{dx^2} + \frac{d^2 \Psi}{dy^2} + \frac{d^2 \Psi}{dz^2} \right) + V \Psi = E \Psi, \quad V = -\frac{e^2}{4\pi \epsilon_0 r} = \frac{e^2}{4\pi \epsilon_0 \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}$$

$$\nabla^2 v = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial v}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial v}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2 v}{\partial \phi^2}, \quad J = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\oint H \cdot d\vec{S}}{\Delta S}$$

$$\nabla \cdot D = \frac{1}{h_1 h_2 h_3} \left[ \frac{\partial}{\partial u} (h_2 h_3 D_u) + \frac{\partial}{\partial v} (h_1 h_3 D_v) + \frac{\partial}{\partial w} (h_1 h_2 D_w) \right]$$

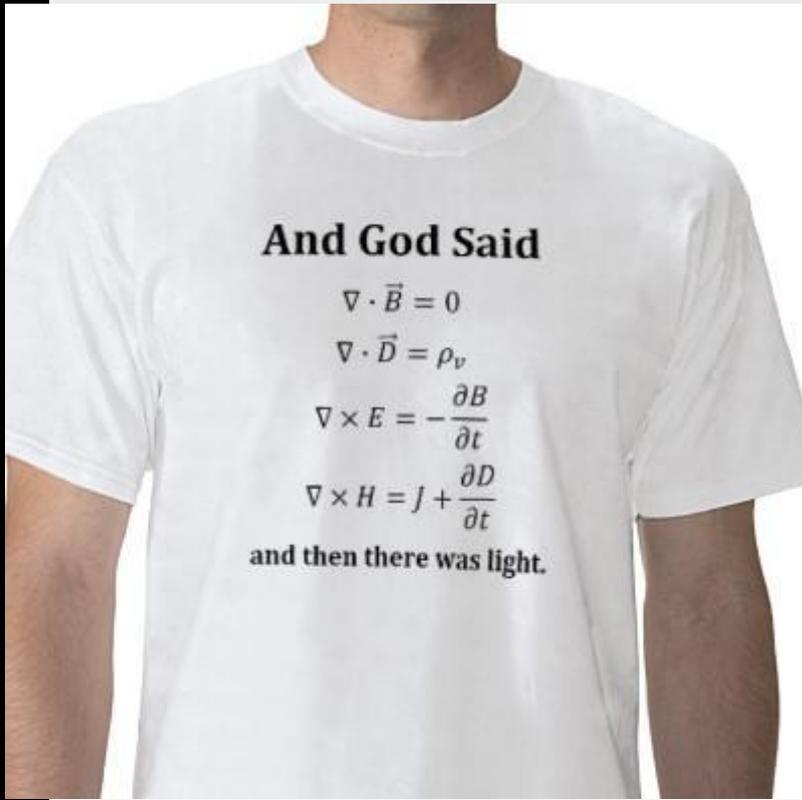
$$P_e = \int_{\omega} \frac{1}{\omega^2} J \cdot dV = \int_{\omega} \int_{\theta} \int_{\phi} \frac{4\sigma V_0}{r \ln(b/a)} \sin^2 \theta \sin^2 \phi \sin \theta \, d\phi \, d\theta \, dr = \frac{4\pi \sigma V_0^2}{\ln(b/a)} \left( 1 - \frac{\sin 2\beta}{2\beta} \right) \sin^2 \omega t$$

$$J_n(z) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m z^{m+\nu}}{m! \Gamma(m+\nu+1) 2^{m+\nu}}, \quad J_{-\nu}(z) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m z^{m-\nu}}{m! \Gamma(m-\nu+1) 2^{m-\nu}}$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = emt = -\int \frac{d\vec{B}}{dt} \cdot d\vec{S}, \quad \oint \vec{H} \cdot d\vec{S} = I = \int \left( \vec{J}_e + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{S}, \quad \oint \vec{D} \cdot d\vec{S} = Q = \int \nabla \cdot \vec{D} \, dV$$

$$E_r = \frac{J_0 e^{-\nu}}{4\pi} \left( \frac{\sqrt{\mu} 2}{\sqrt{\epsilon} r^2} + \frac{2}{j\omega \epsilon r} \right) \cos \theta, \quad E_\theta = \frac{J_0 e^{-\nu}}{4\pi} \left( \frac{j\omega \mu}{r} + \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \frac{1}{r^2} + \frac{1}{j\omega \epsilon r} \right) \sin \theta$$

$$E(r, \theta, t) = \frac{-\omega \mu J_0}{4\pi} \sin \theta \sin(\omega t - \omega r \sqrt{\mu \epsilon}) \bar{a}_\theta, \quad H(r, \theta, t) = \sqrt{\frac{\epsilon}{\mu}} E_\theta \bar{a}_\phi, \quad \gamma = j\omega \sqrt{\mu \epsilon} \dots$$



**И стало светло...**

---

**Термодинамика** – наука о тепловых явлениях, в которой не учитывается молекулярное строение тел.

---

---

# Закон сохранения энергии

## Первое начало термодинамики

**Энергия** может только переходить из одной формы в другую, но не может возникать или исчезать.

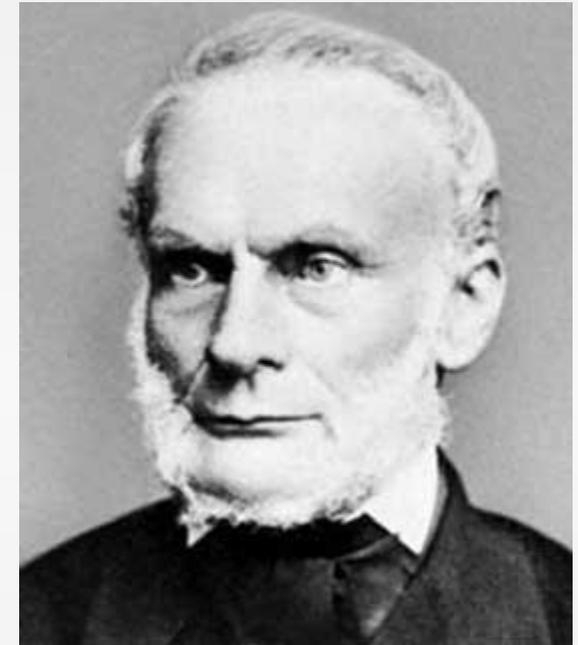
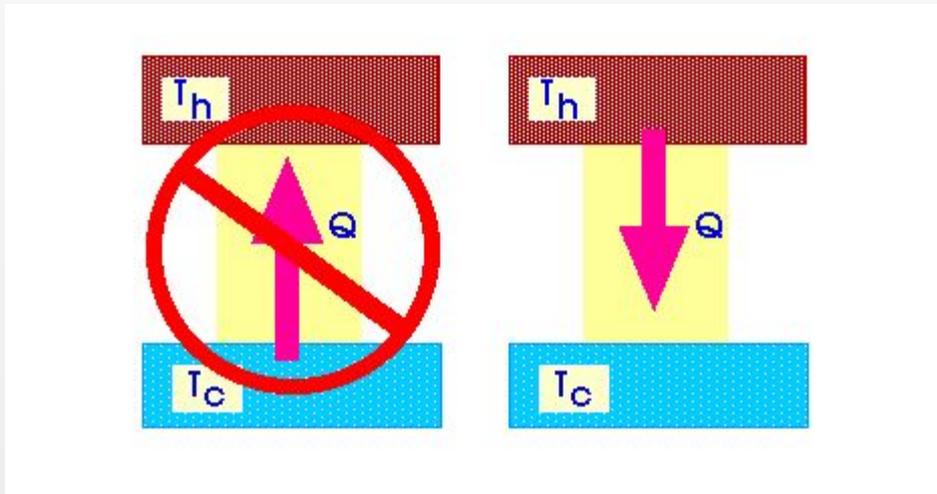


---

# Второе начало термодинамики

несколько эквивалентных формулировок

1. Теплота не может переходить от холодного тела к горячему.



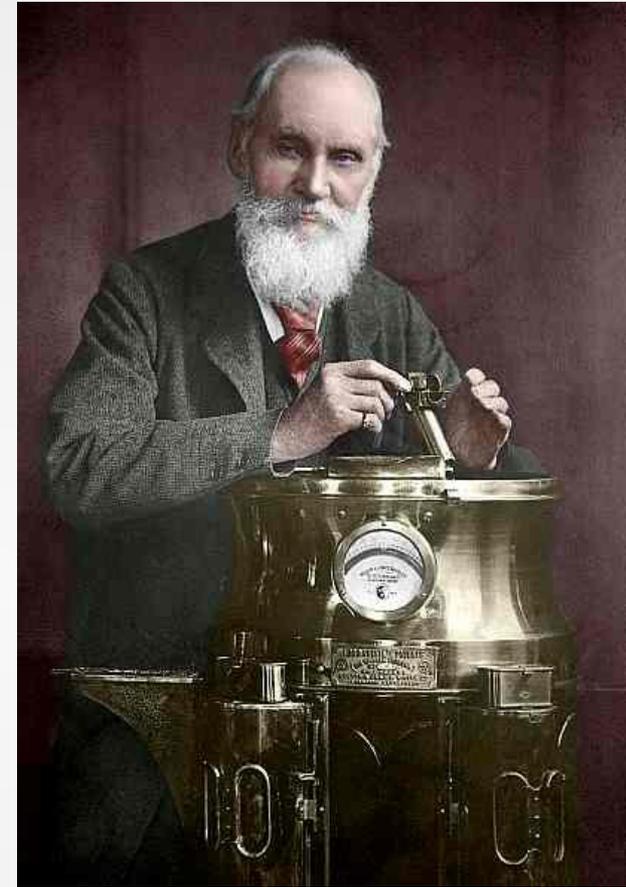
Рудольф Клаузиус  
(1822-1888)  
немецкий физик

---

---

# Второе начало термодинамики

2. Невозможно получить работу за счет энергии тел, находящихся в равновесии.



Уильям Томсон,  
лорд Кельвин  
(1824-1907)  
*англ. физик*

---

---

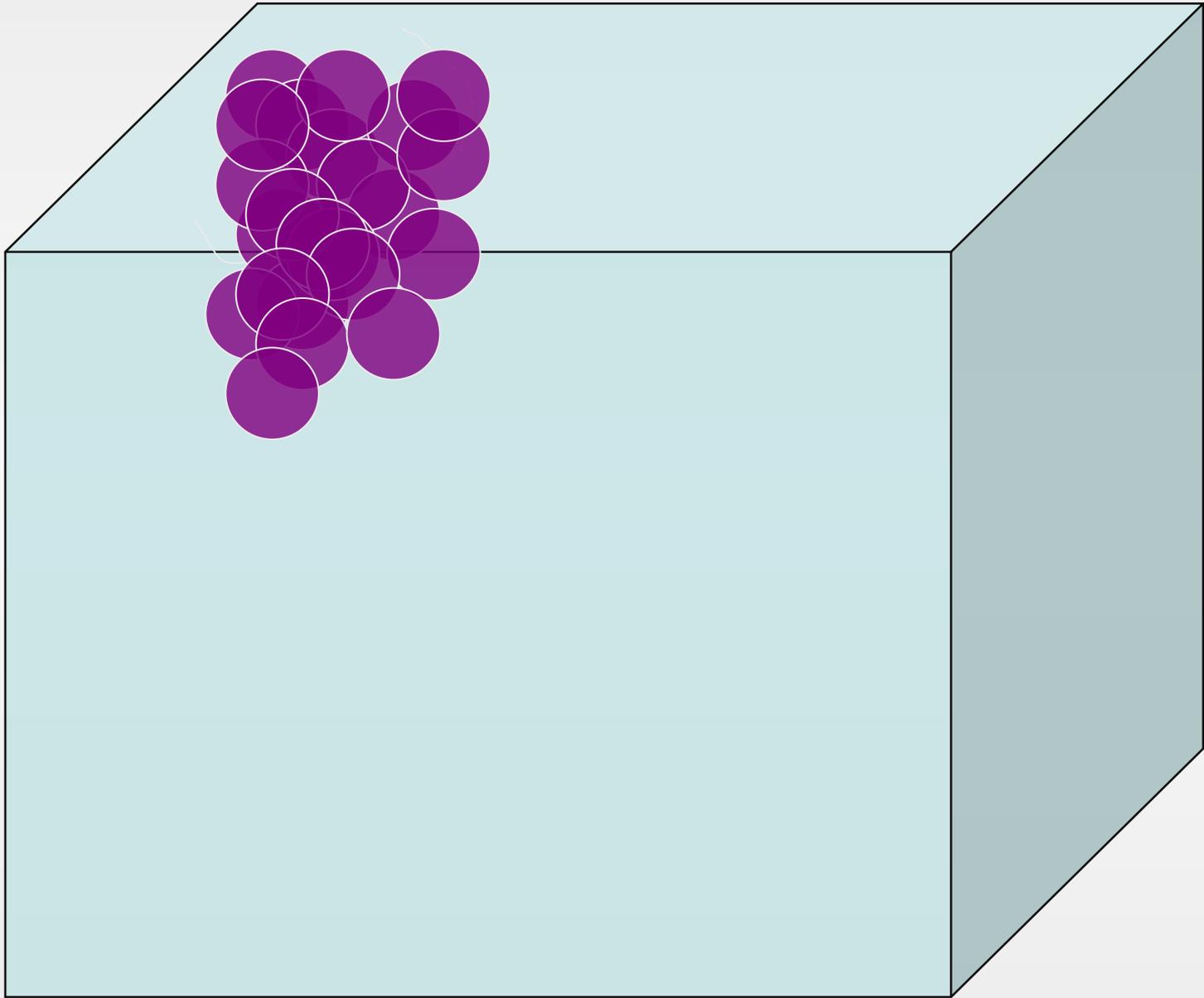
**Энтропия** – мера беспорядка системы, состоящей из многих элементов.

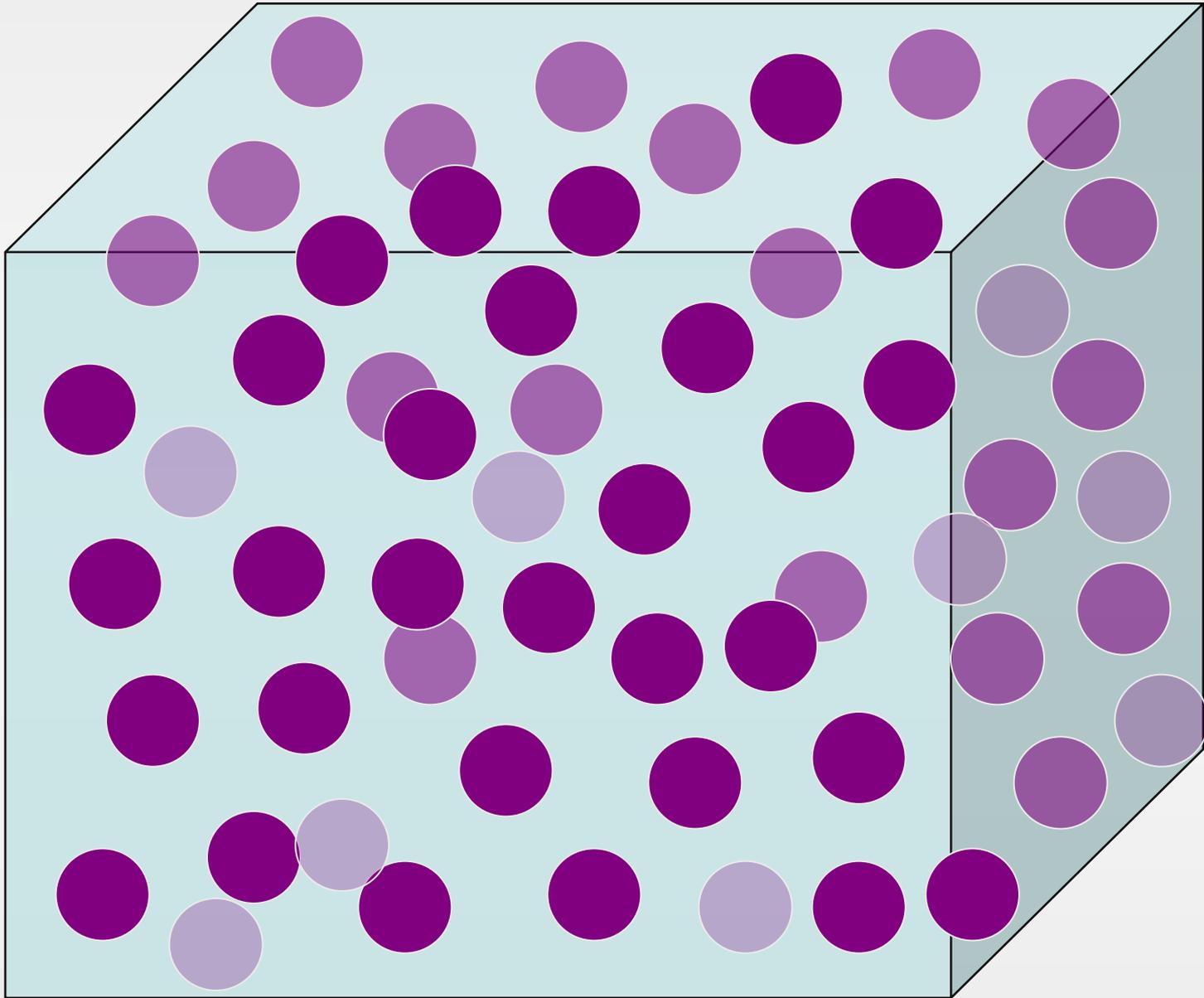
Больше энтропия  Больше хаоса

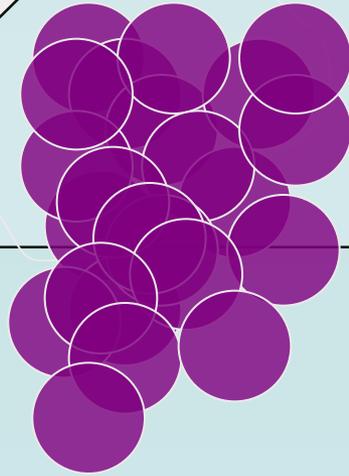
3. Закон возрастания **энтропии**:

В **замкнутой** системе энтропия (хаос) со временем возрастает.

---







При таком поведении  
молекул воздуха, в  
аудитории уже бы никого  
не осталось.

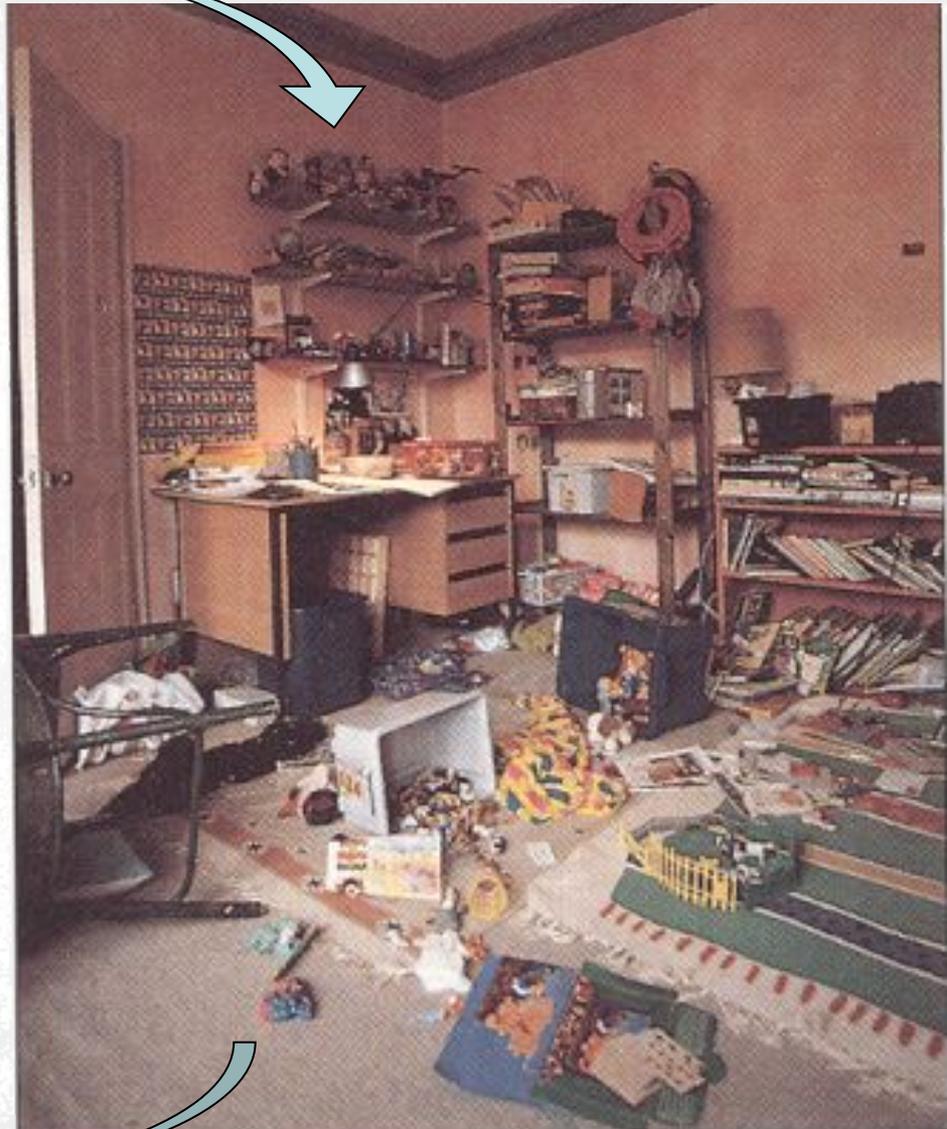
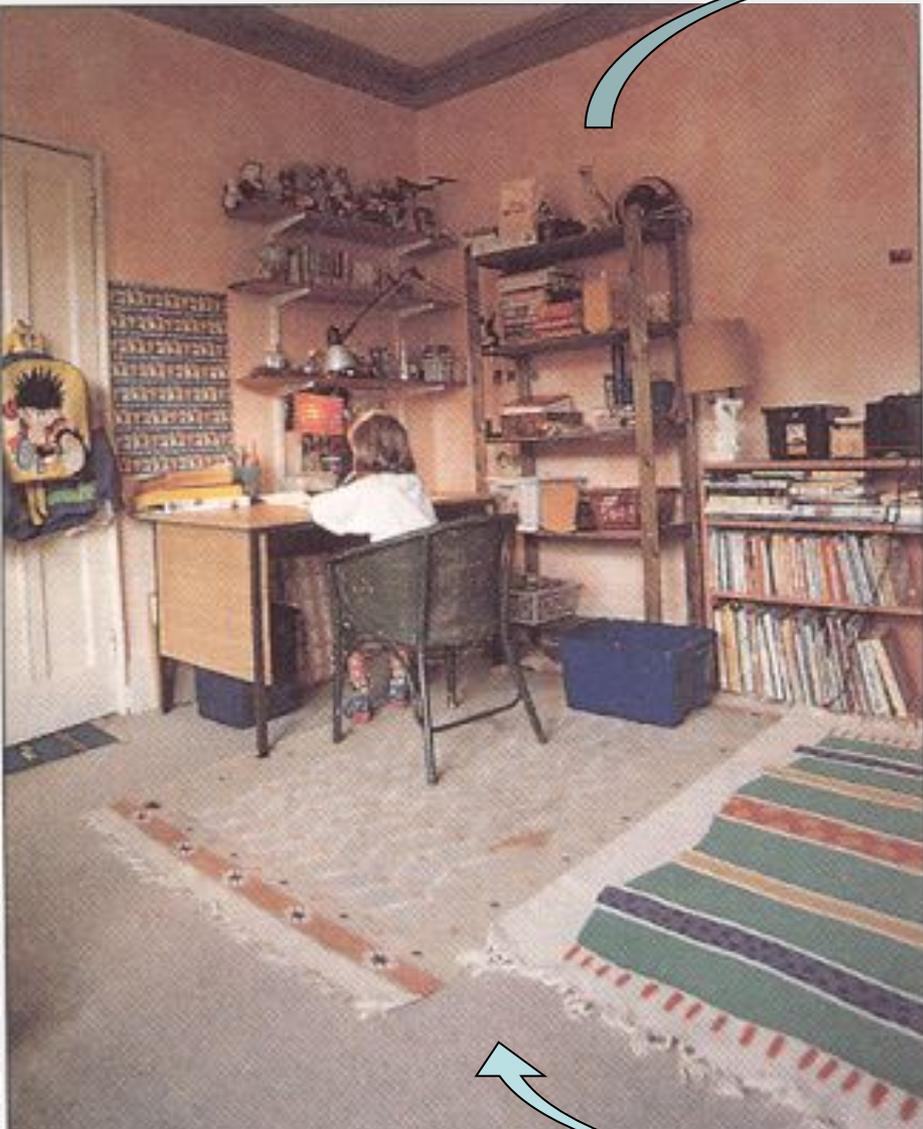
---

В **открытой** системе поддержание порядка возможно за счет притока энергии извне.

---

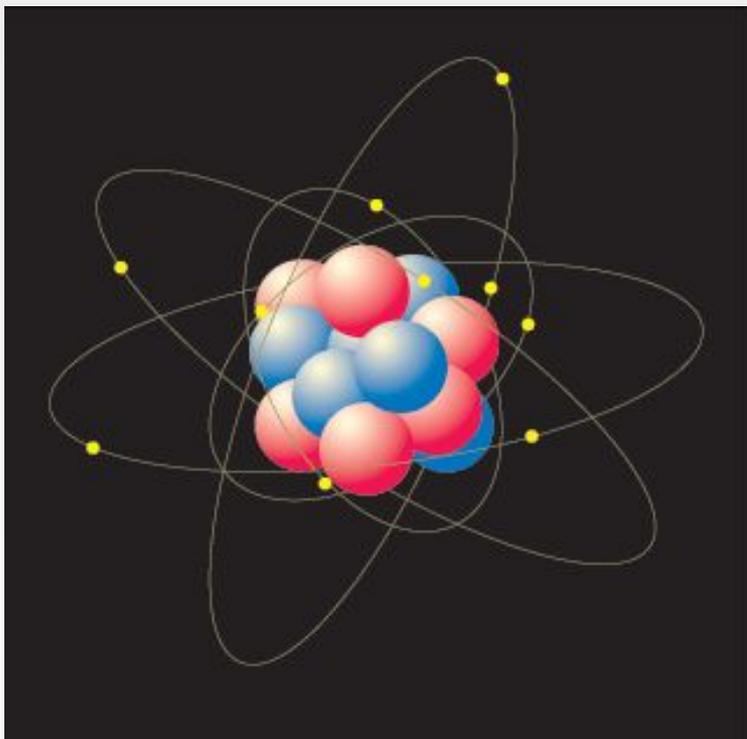
---

## Изменение системы со временем

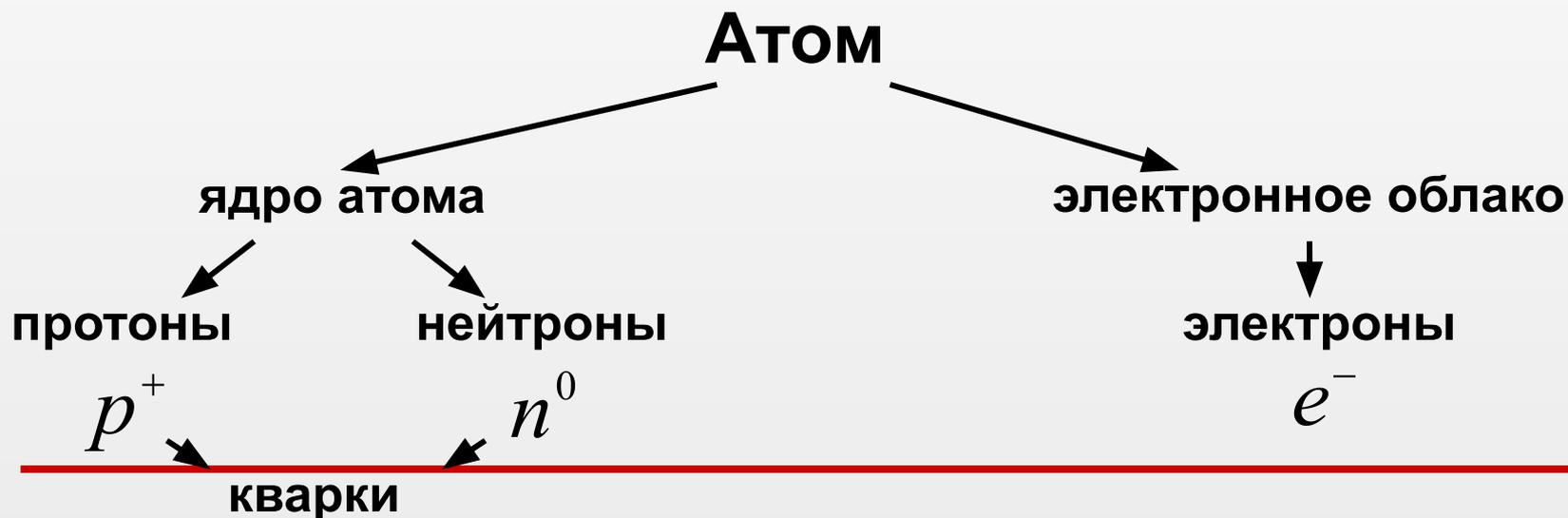


**Создание порядка требует затрат энергии**

---



**Атом** – наименьшая химическая неделимая часть химического элемента, являющаяся носителем его свойств.



---

# Фундаментальные взаимодействия

- гравитационное
- слабое
- электромагнитное
- сильное



---

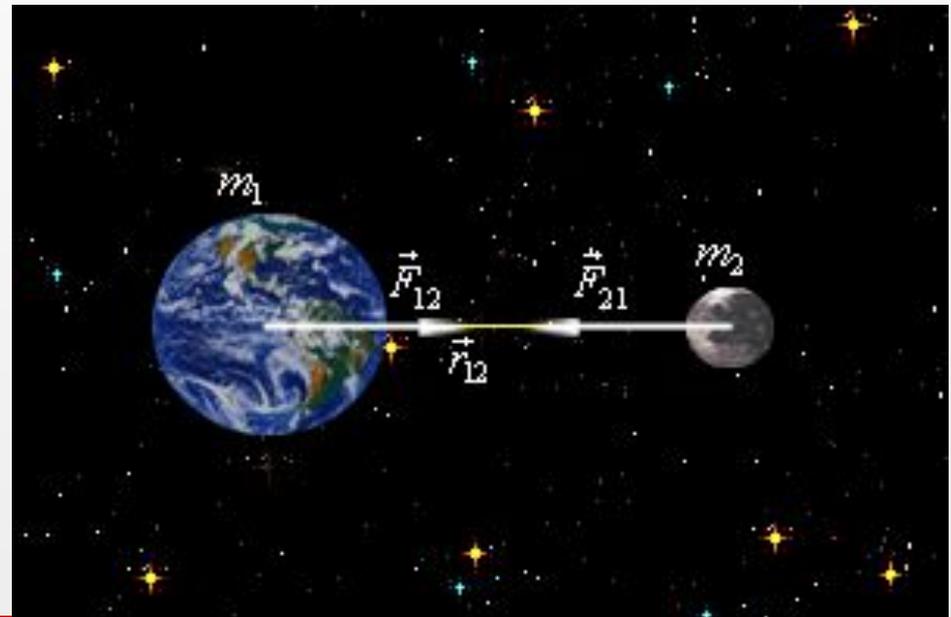
# Гравитационное взаимодействие

Гравитация – взаимное притяжение тел.

Дальнодействующее взаимодействие.

Подвержены **все** частицы.

В **мегамире** гравитация является определяющей.



---

# Слабое взаимодействие

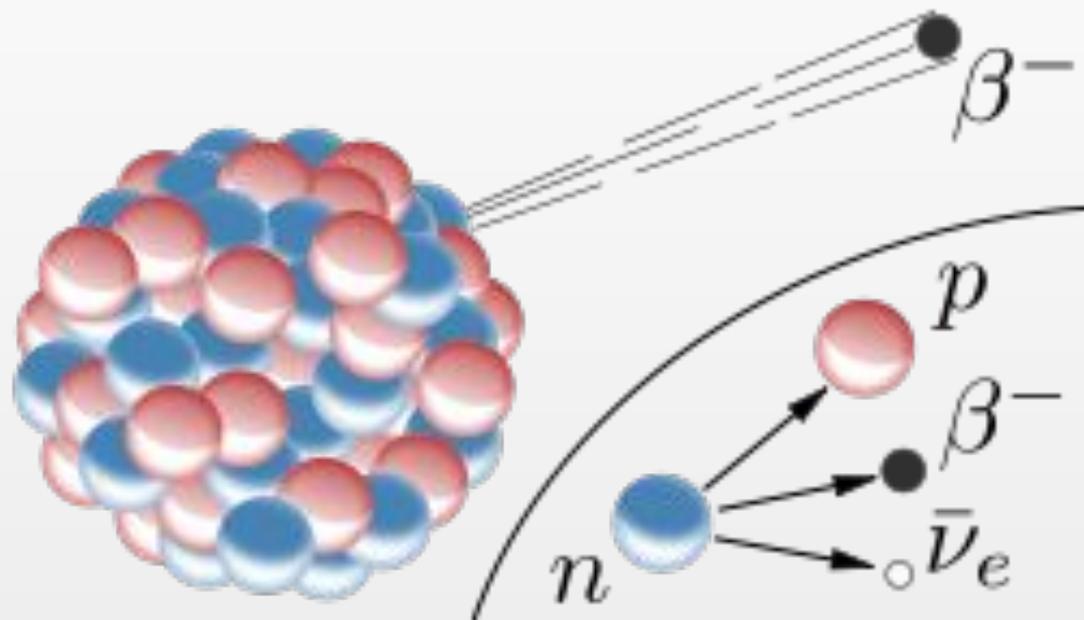
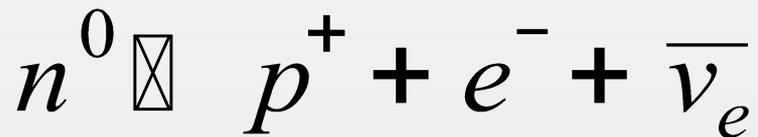
Ответственно, в частности, за бета-распад.

Короткодействующее взаимодействие.

Подвержены все частицы.

Бета-распад  
нейтрона)

(распад

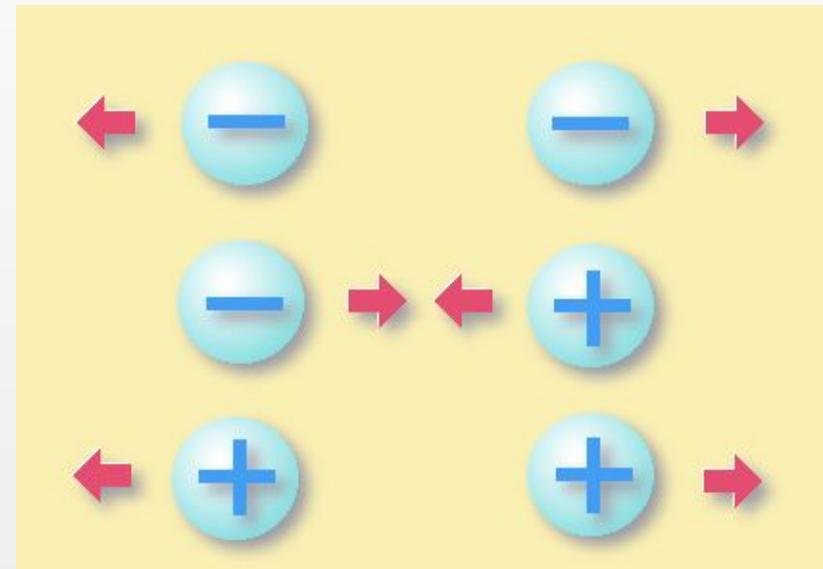


---

# Электромагнитное взаимодействие

Дальнодействующее взаимодействие.

Существует между частицами, обладающими электрическим зарядом.



---

# Сильное взаимодействие (ядерное взаимодействие)

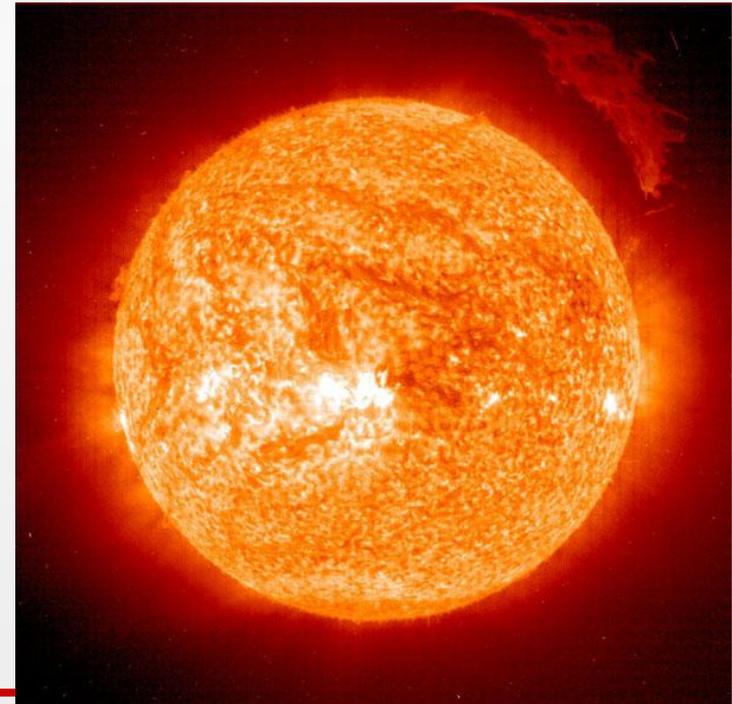
Ответственно за притяжение между нуклонами в ядрах и между кварками в нуклонах.

Короткодействующее взаимодействие.

Подвержены **кварки, нуклоны**.

Превращения в ядерных  
реакторах,

термоядерные реакции в звездах  
(в том числе, на Солнце).





**Астрономия** – наука, изучающая движение, строение, происхождение и развитие небесных тел и их систем, вплоть до Вселенной в целом.

Урания – муза астрономии

---

---

Земля



Возраст ~ **4.54**  
млрд. лет

Жизнь  
появилась ~  
**3.5** млрд. лет  
назад.

Геоид – форма  
Земли.





## Луна – единственный естественный спутник Земли

Среднее расстояние  
между центрами Земли  
и Луны – 384467 км.



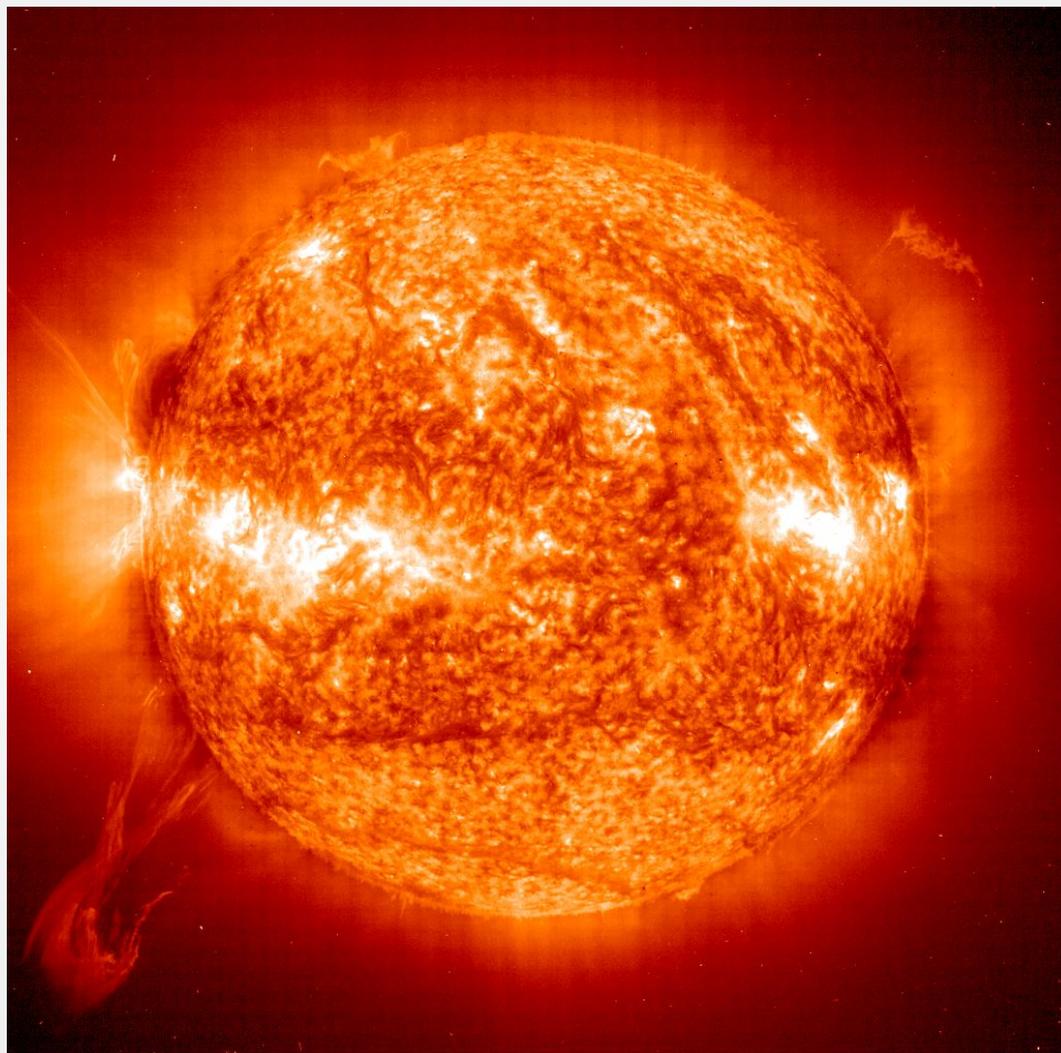
Сидерический период – 27.32 дней

Период вращения – 29.53 дней

---



**Солнце** – центральная и единственная звезда Солнечной системы.



---

**Звезда** – небесное тело, в котором идут термоядерные реакции.

Звезды представляют собой массивные светящиеся **плазменные** шары.

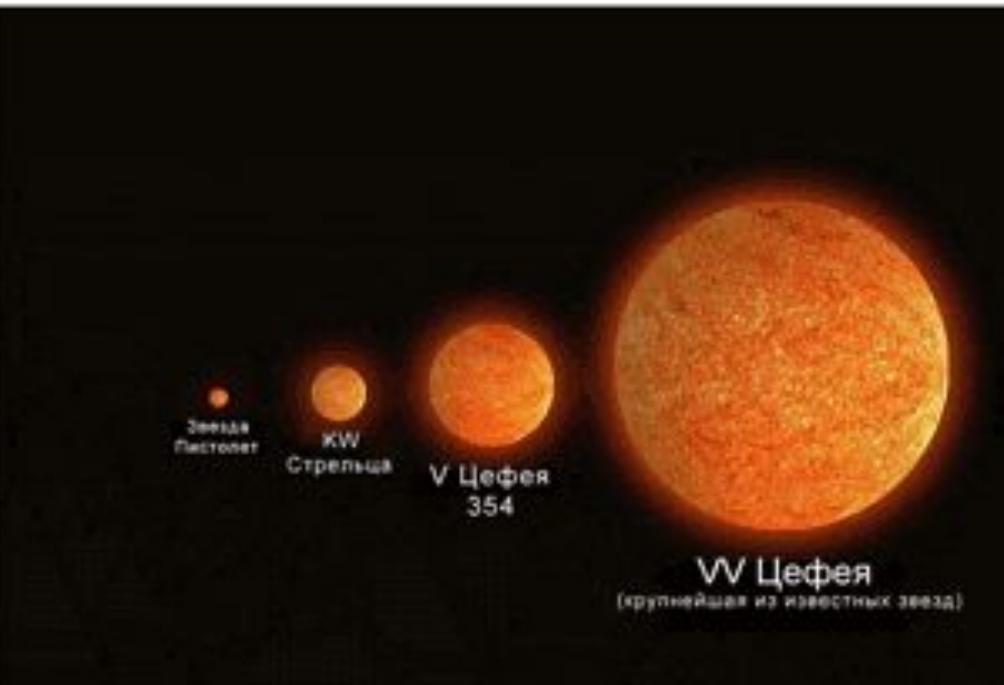
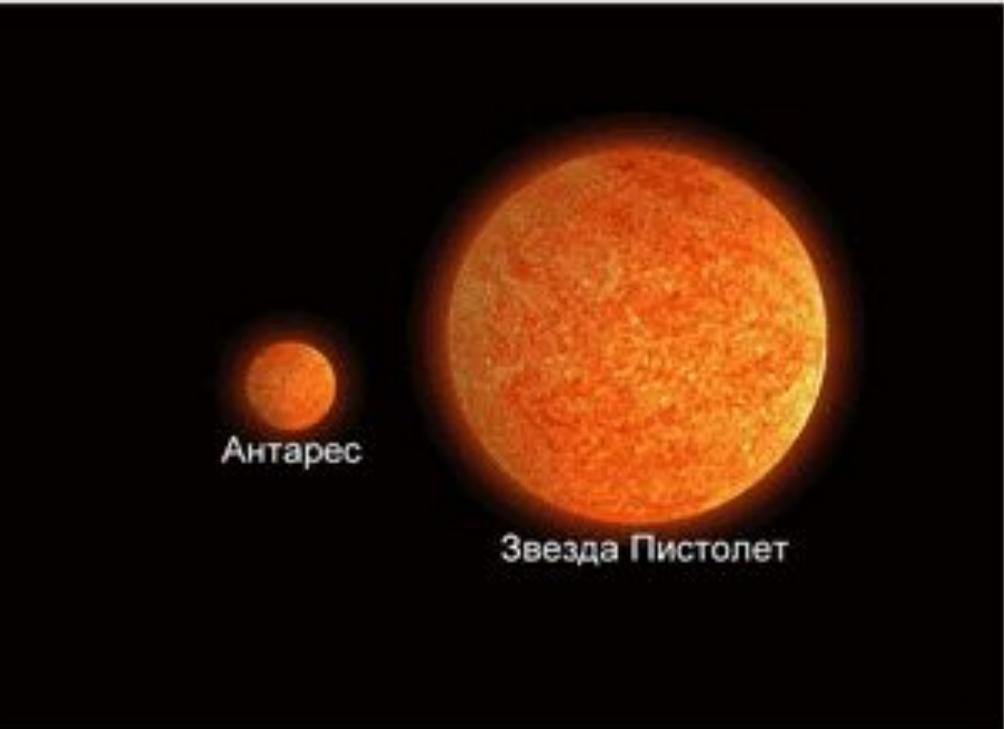
---

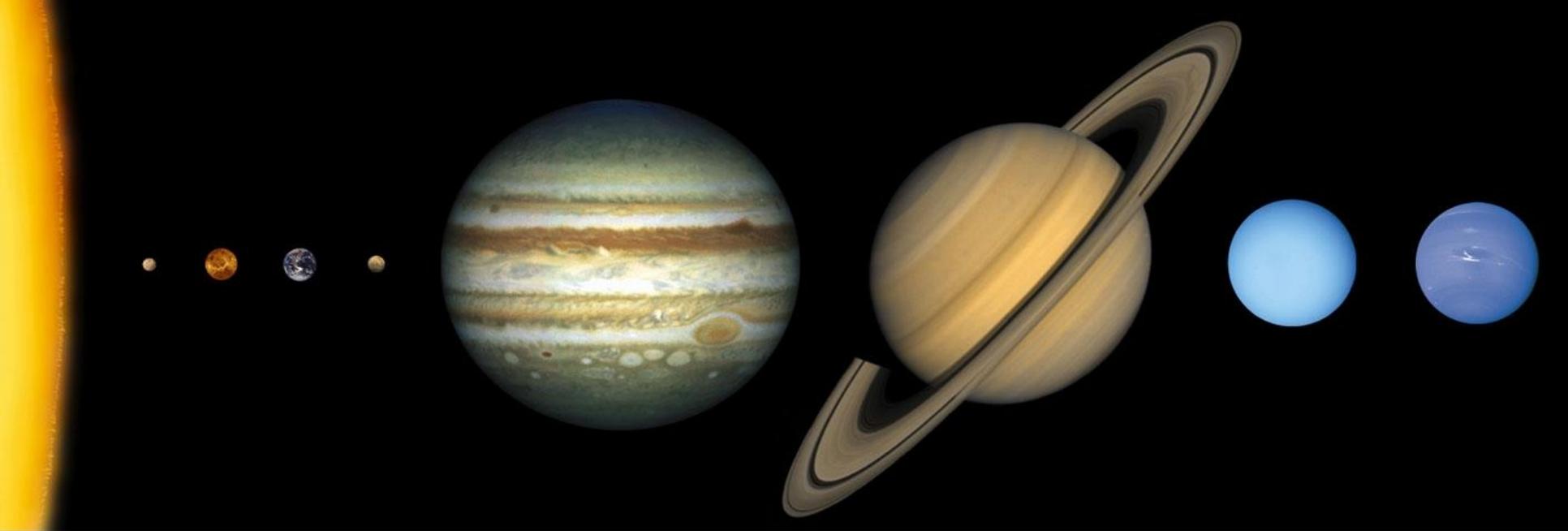
Антарес



Бетельгейзе



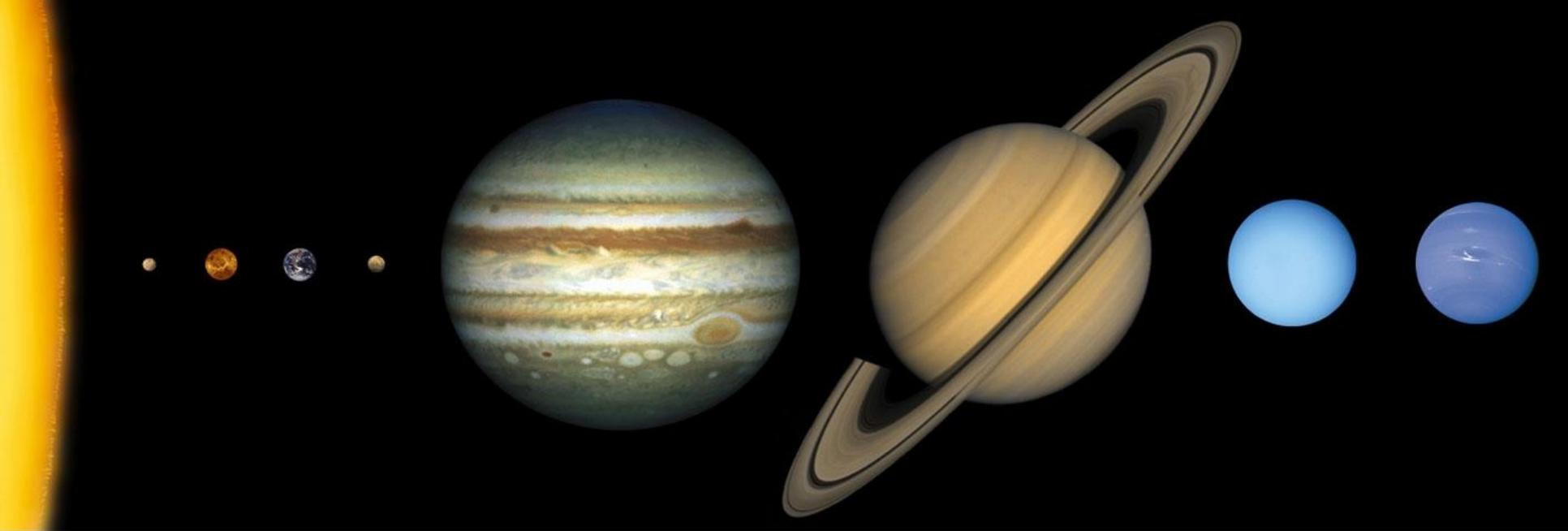




- Меркурий ♀
- Венера ♀
- Земля ⊕
- Марс ♂

Планеты земной группы  
(малые массы, состоят в основном из силикатов и металлов, малое количество спутников, нет колец)

---



Планеты –  
гиганты

(газовые  
гиганты)

Юпитер ♃

Сатурн ♄

Уран ♅

Нептун ♆

(большие массы, состоят в основном из водорода и гелия, большое количество спутников, кольца)

---

---

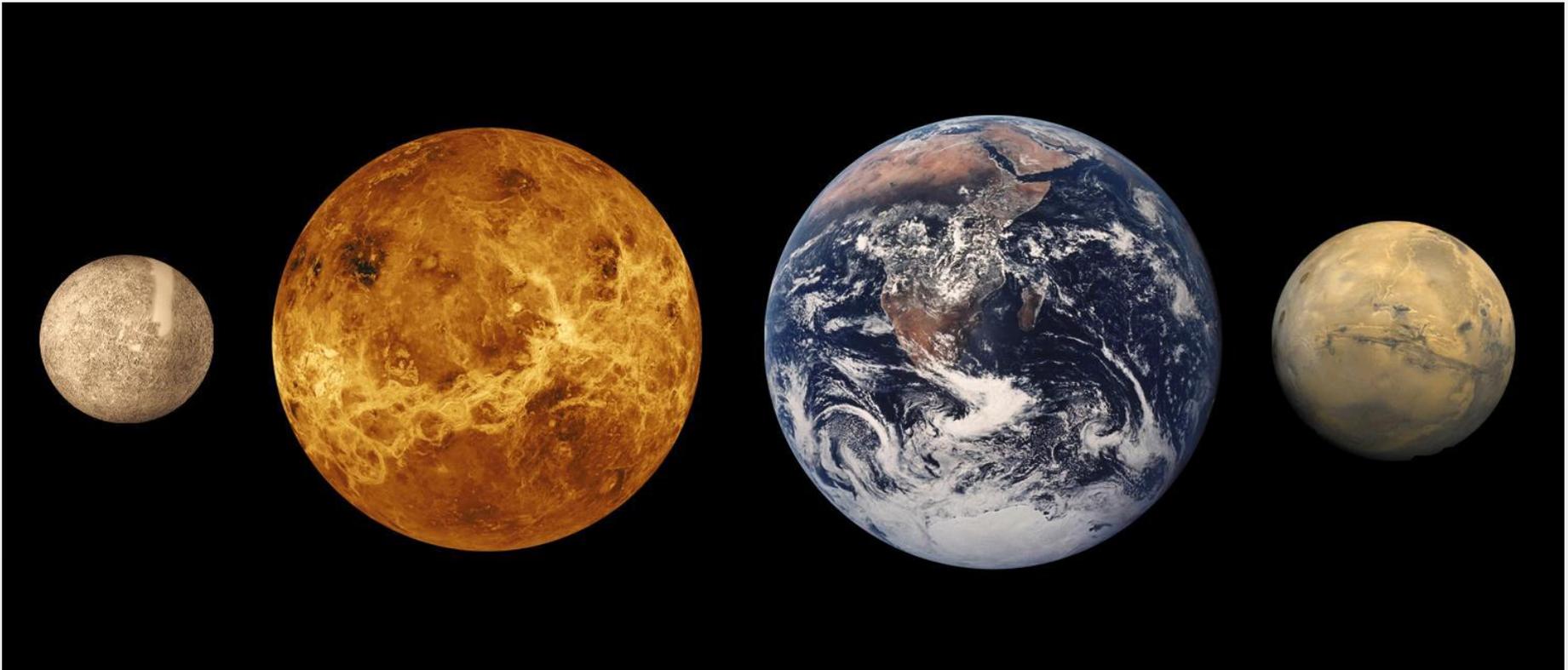
## Планеты земной группы

Меркурий

Венера

Земля

Марс



---

## Фобос и Деймос – естественные спутники Марса



Фобос  
(страх)



Деймос  
(ужас)

1877 год

---

---

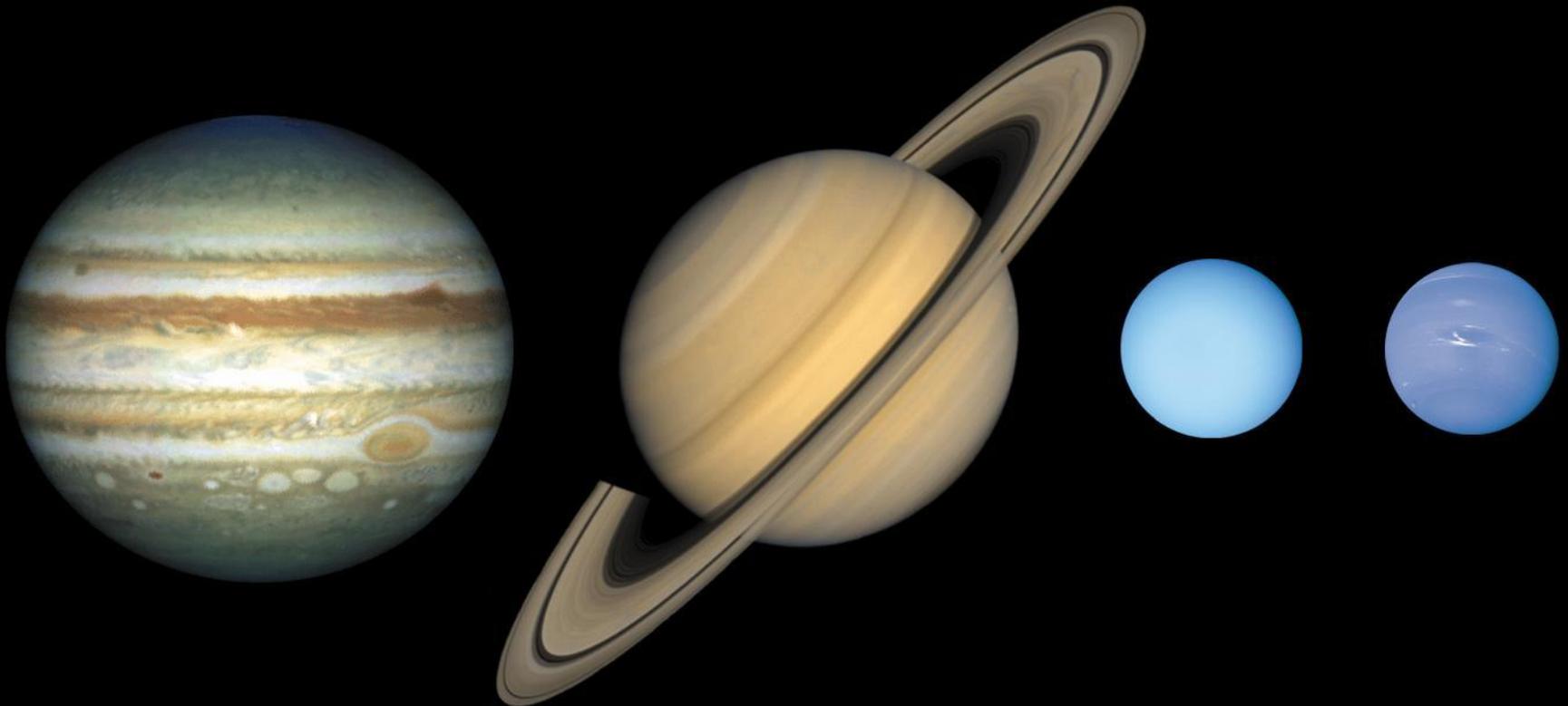
## Планеты-гиганты (Газовые гиганты)

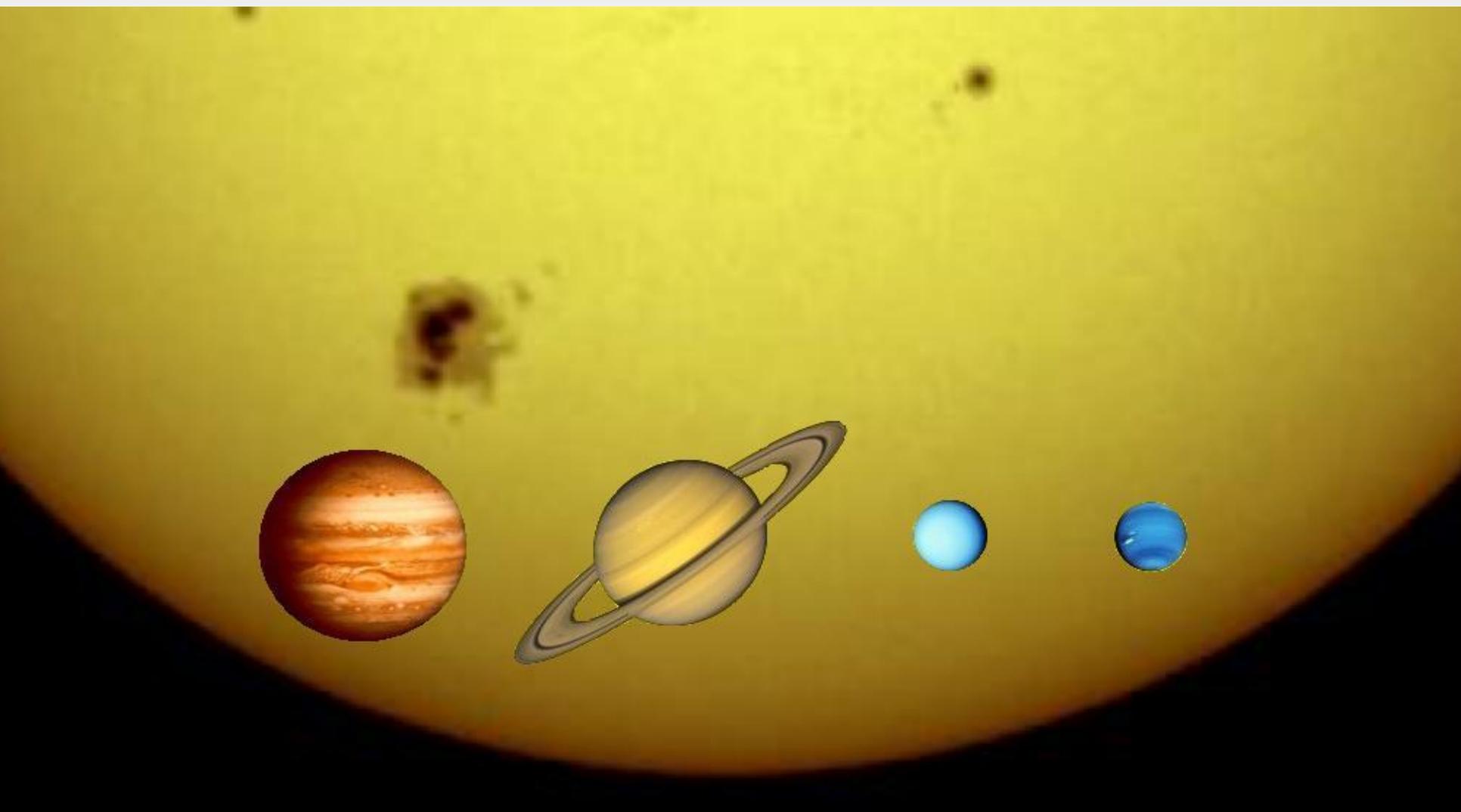
Юпитер

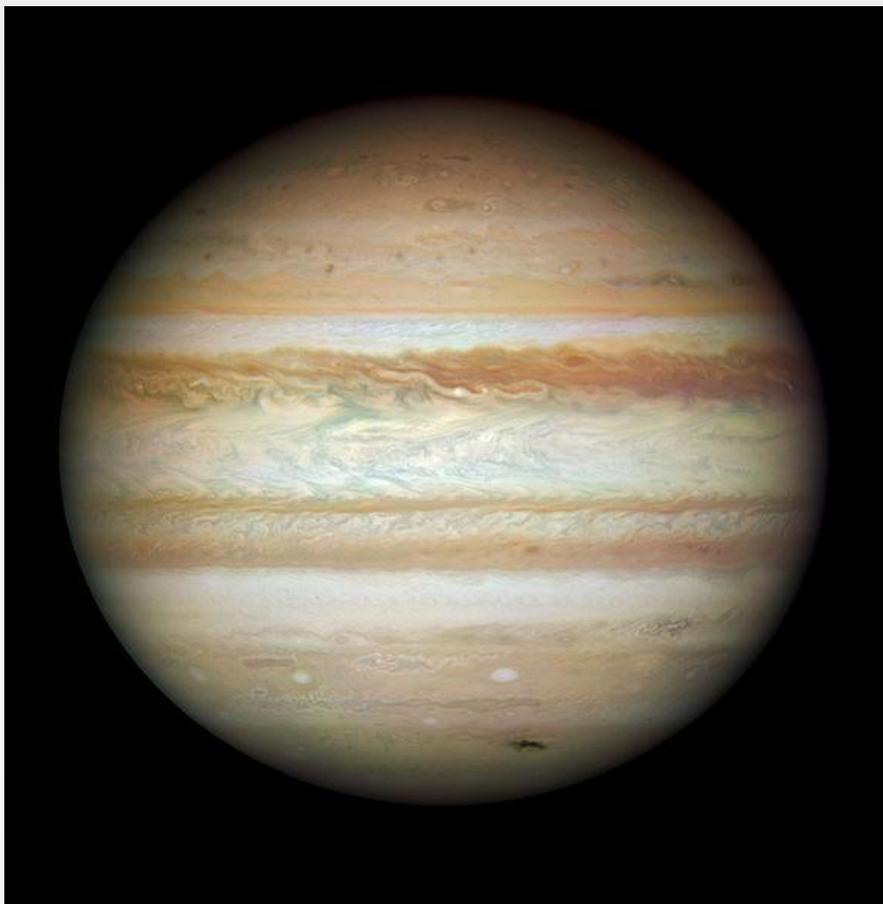
Сатурн

Уран

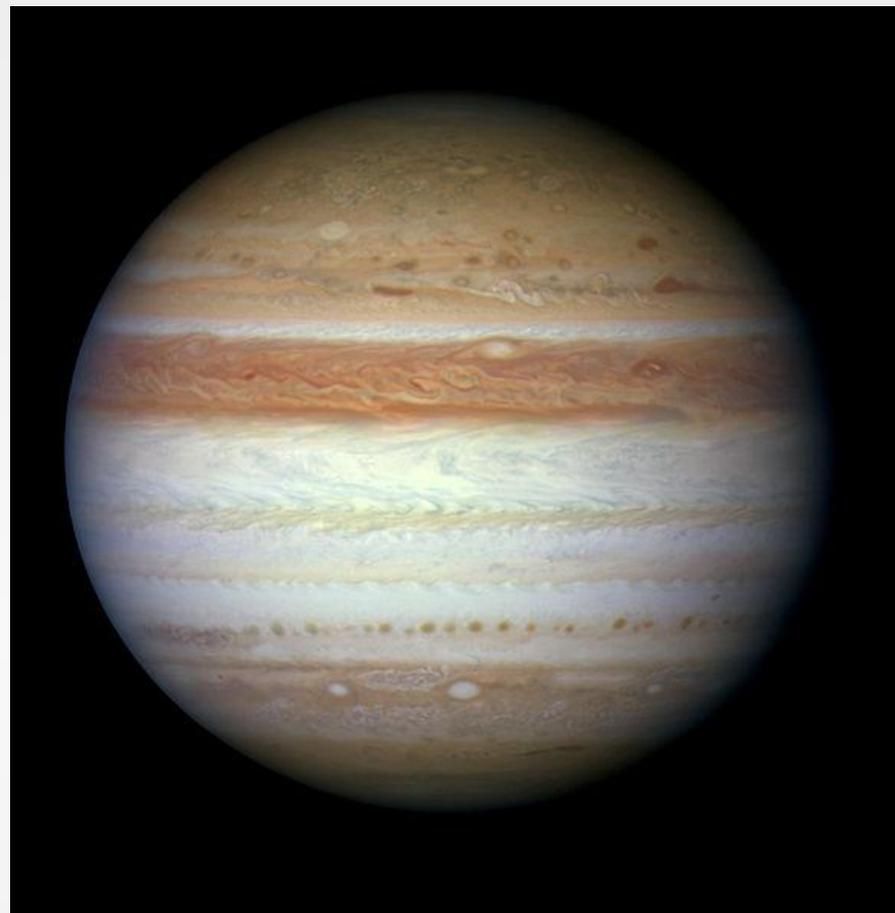
Нептун







23 июля 2009 год



7 июня 2010 год

Полосы движутся с разной скоростью.

---

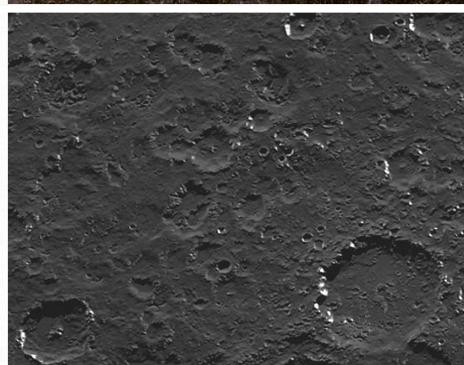
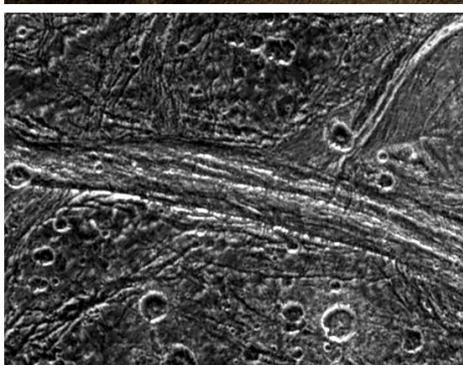
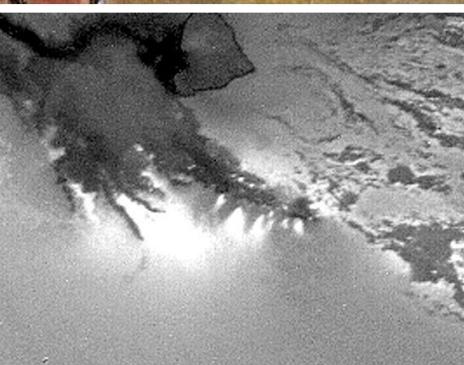
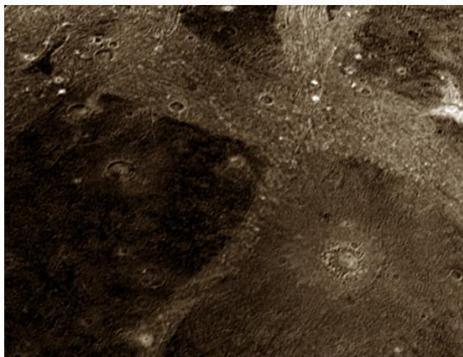
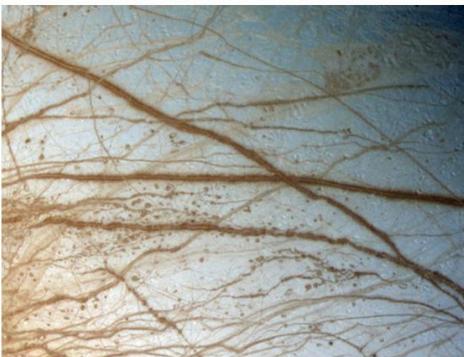
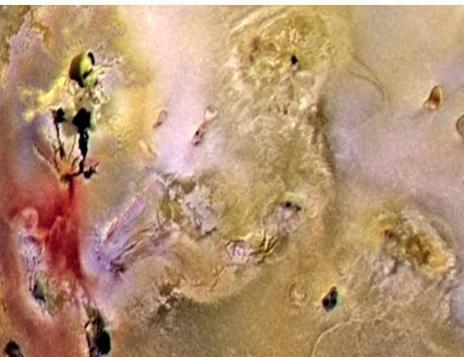
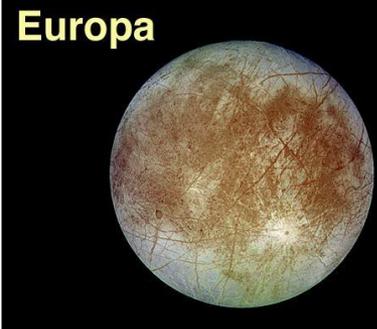
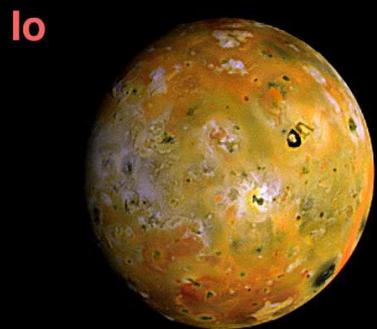
# Спутники Юпитера (63)

Ио

Европа

Ганимед

Каллисто





Ío

Europa



Calisto



Ganimesdes

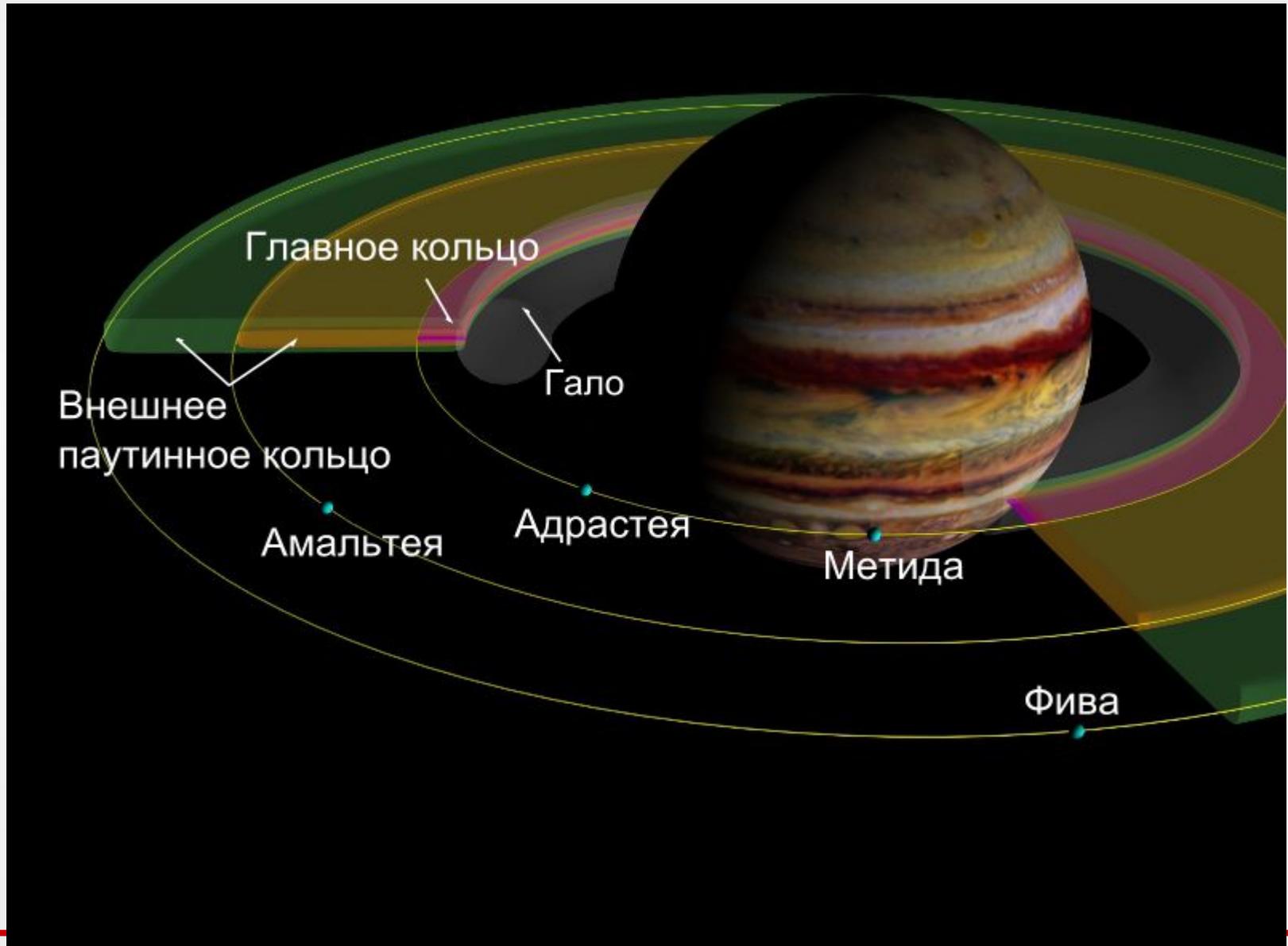


Tierra



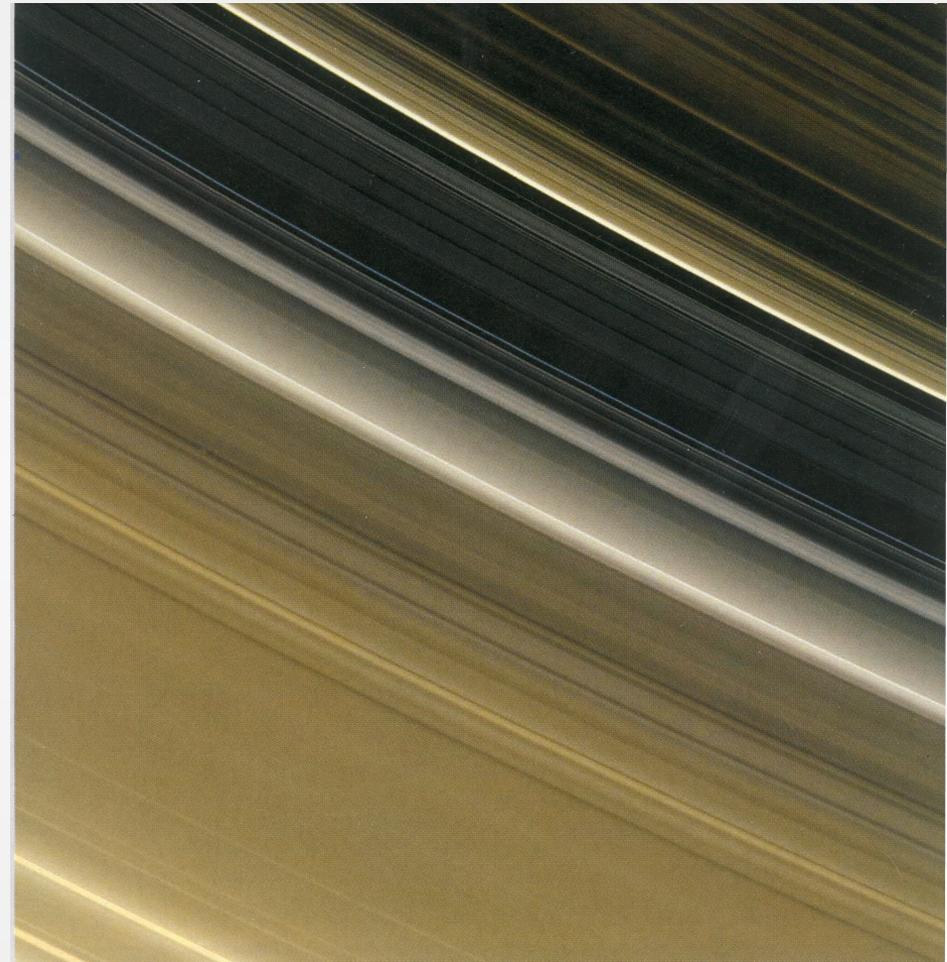
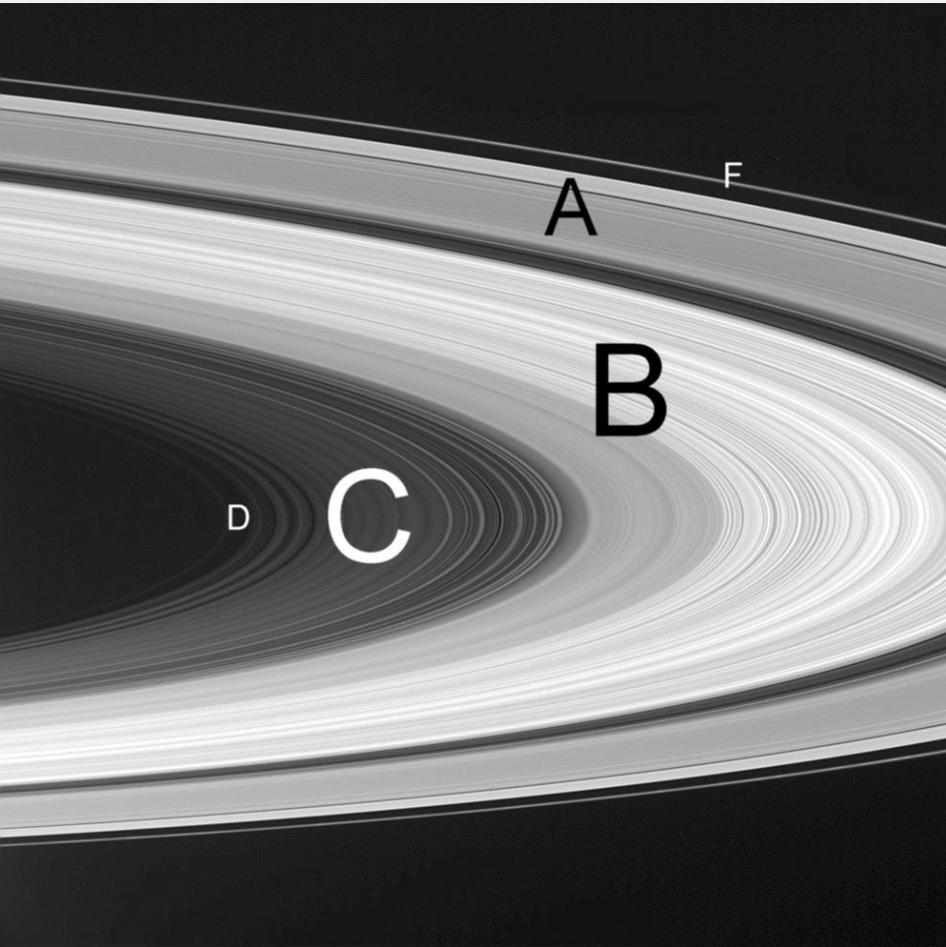
Luna

# Кольца Юпитера



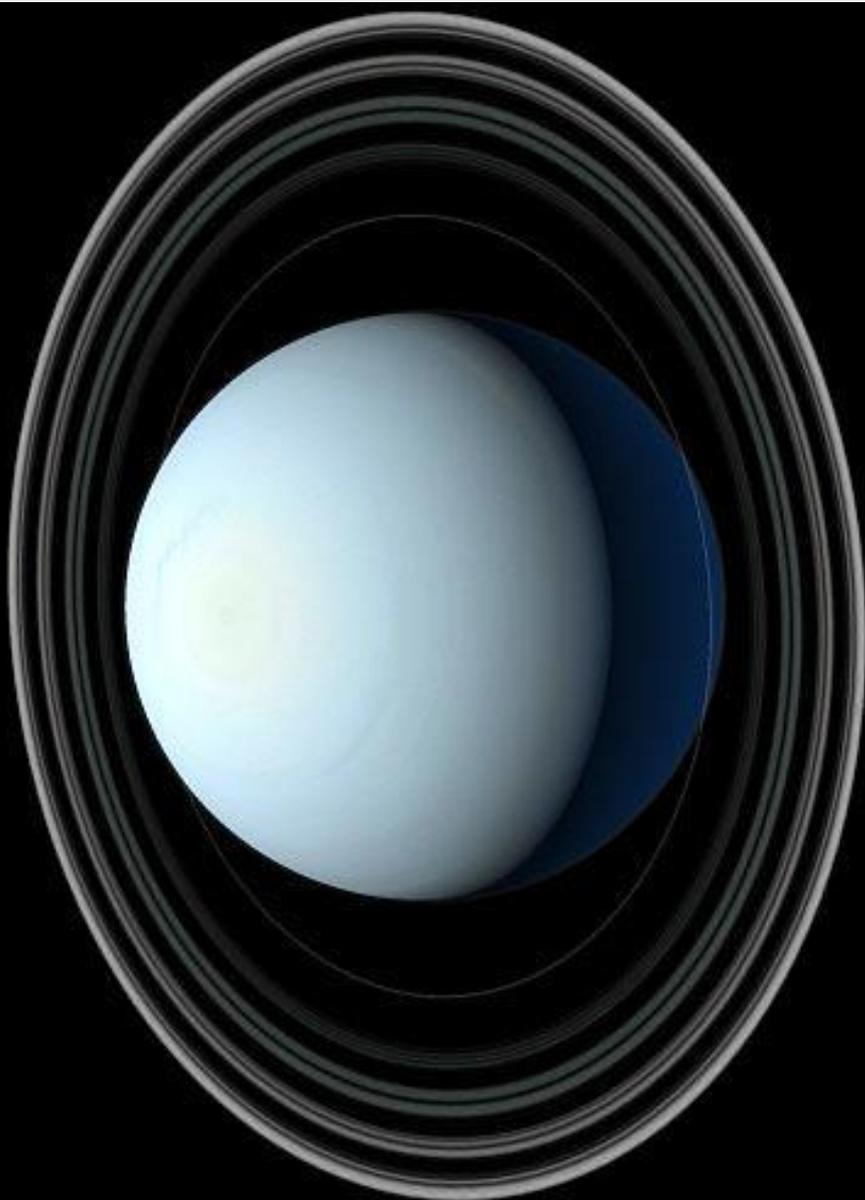
---

# Кольца Сатурна



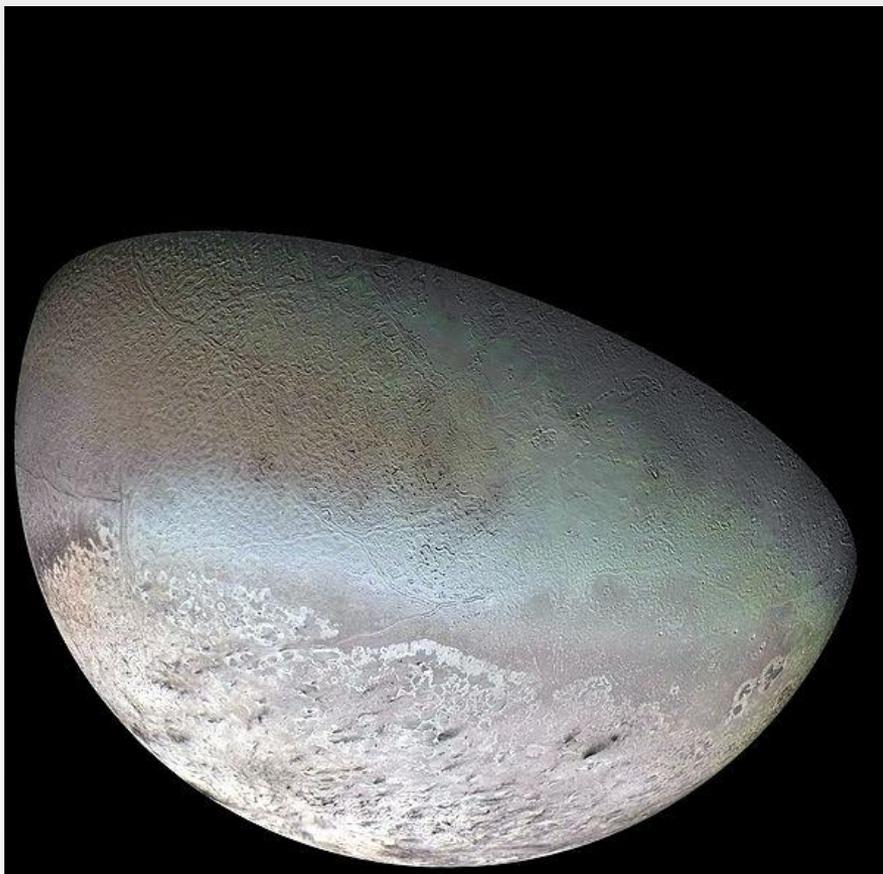
---

Уран вращается лежа на боку.

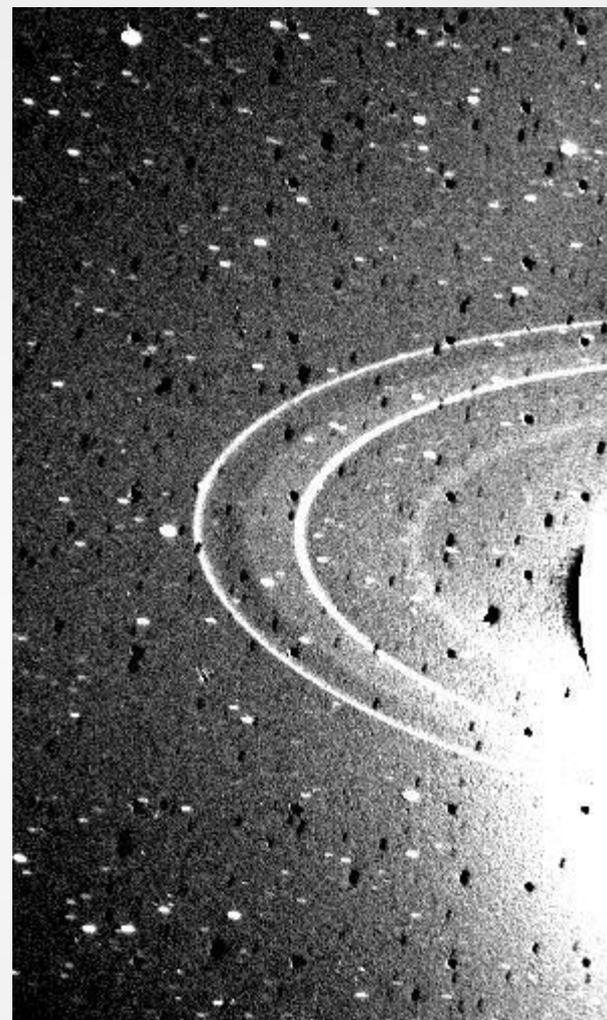


Кольца Урана

---



Тритон – самый крупный  
спутник Нептуна

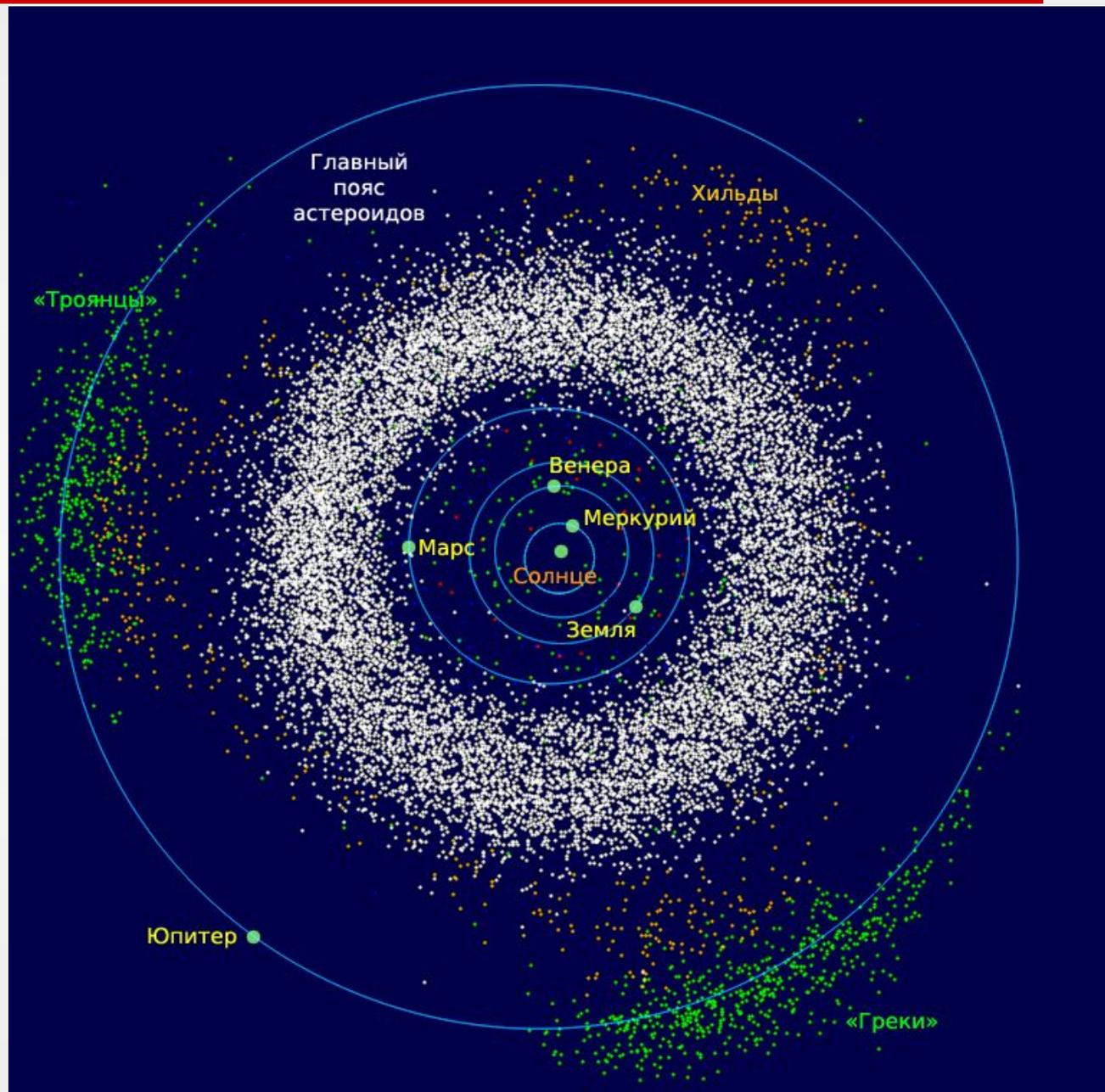


Кольца Нептуна

---

# Астероиды

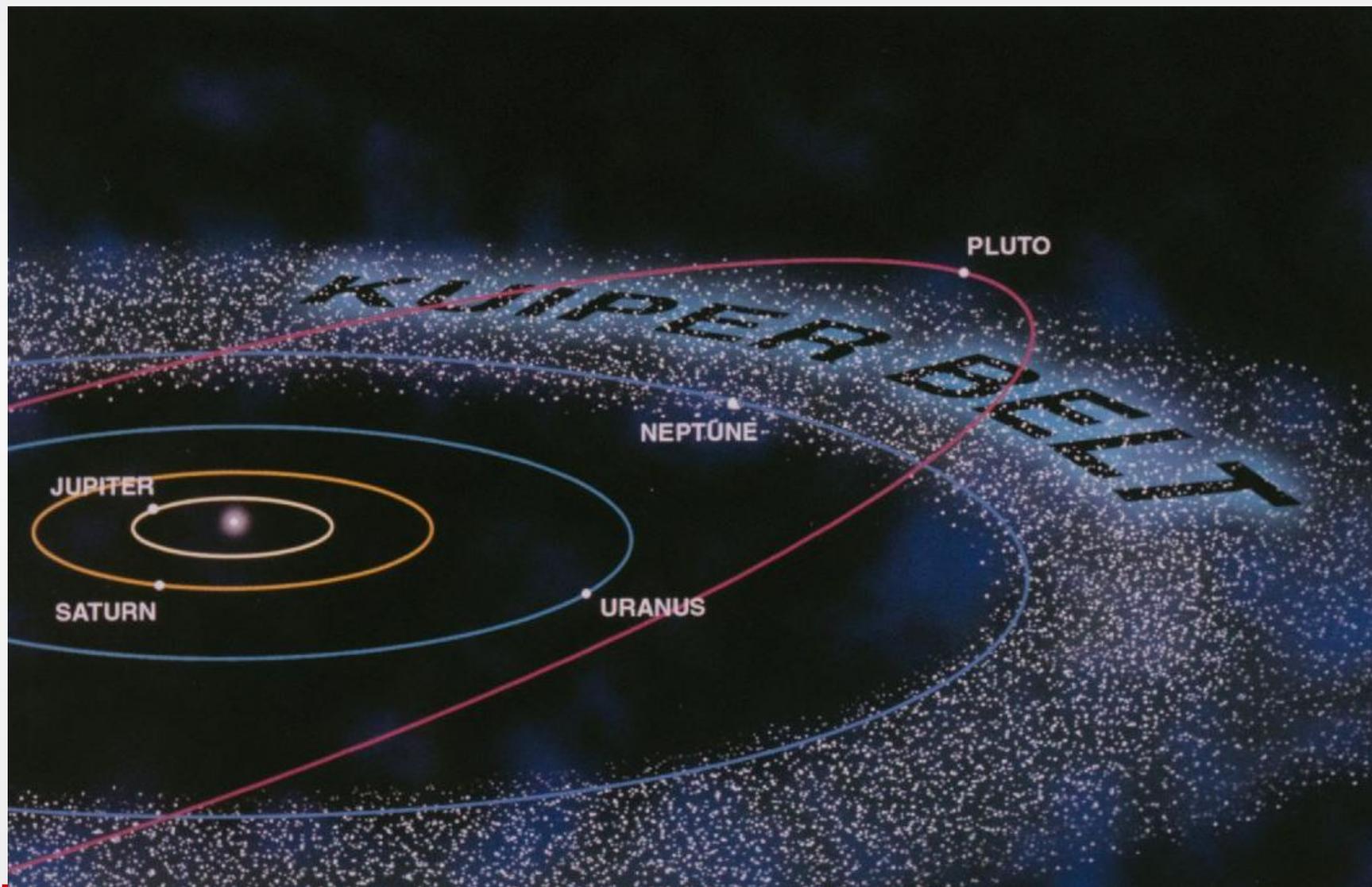
460 271 объект



Главный пояс  
астероидов

Астероиды

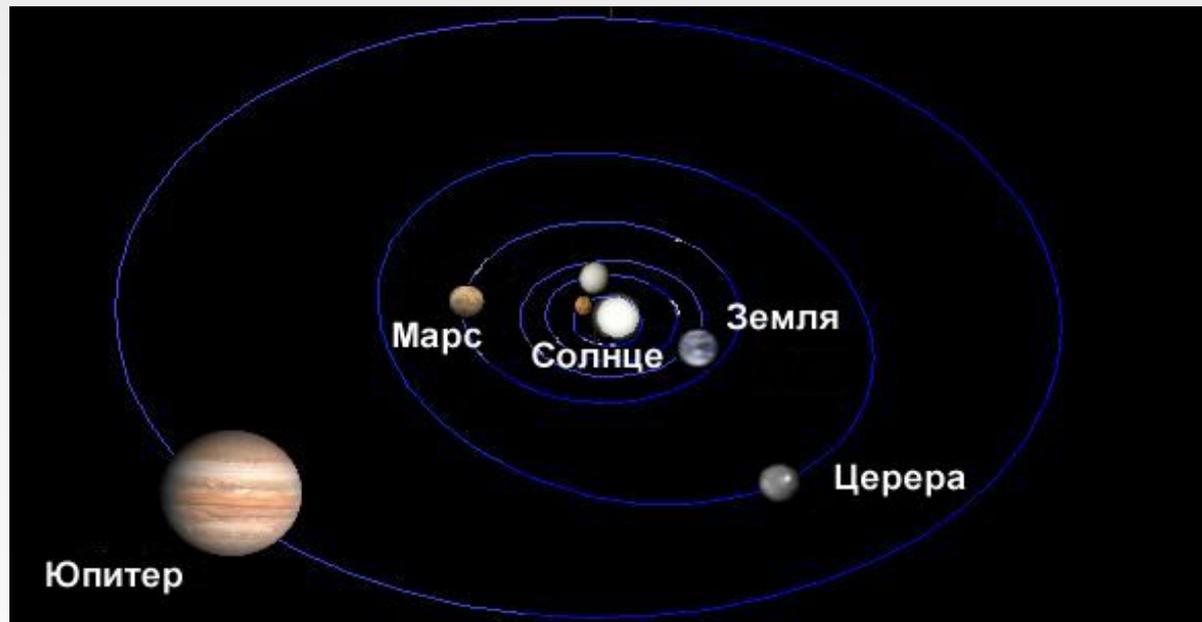
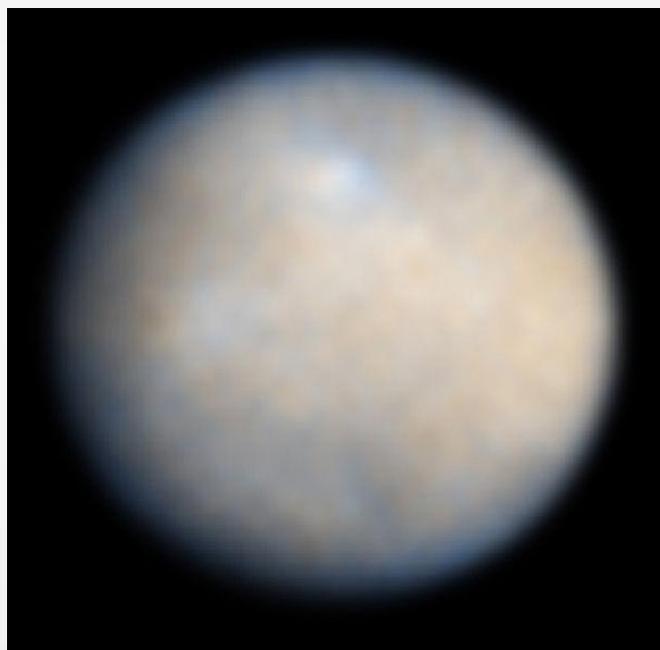
пояс Койпера



---

## Карликовые планеты

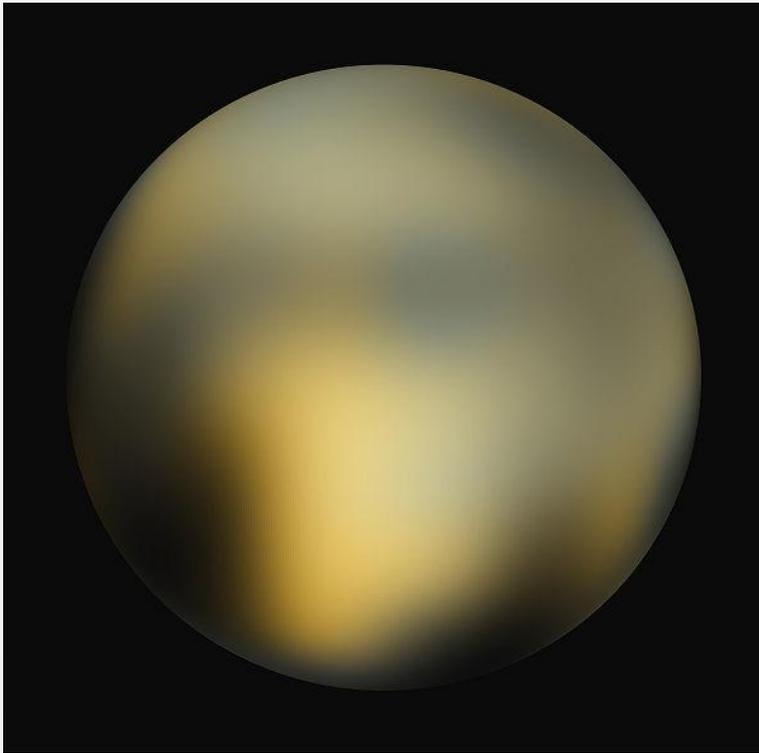
Церера ♀  
(главный пояс  
астероидов)



---

## Карликовые планеты

Плутон ♇ + Харон  
(пояс Койпера)



---

## Карликовые планеты

Хаумеа

(пояс Койпера)

Макемаке

(пояс Койпера)

Эрида

(пояс Койпера)

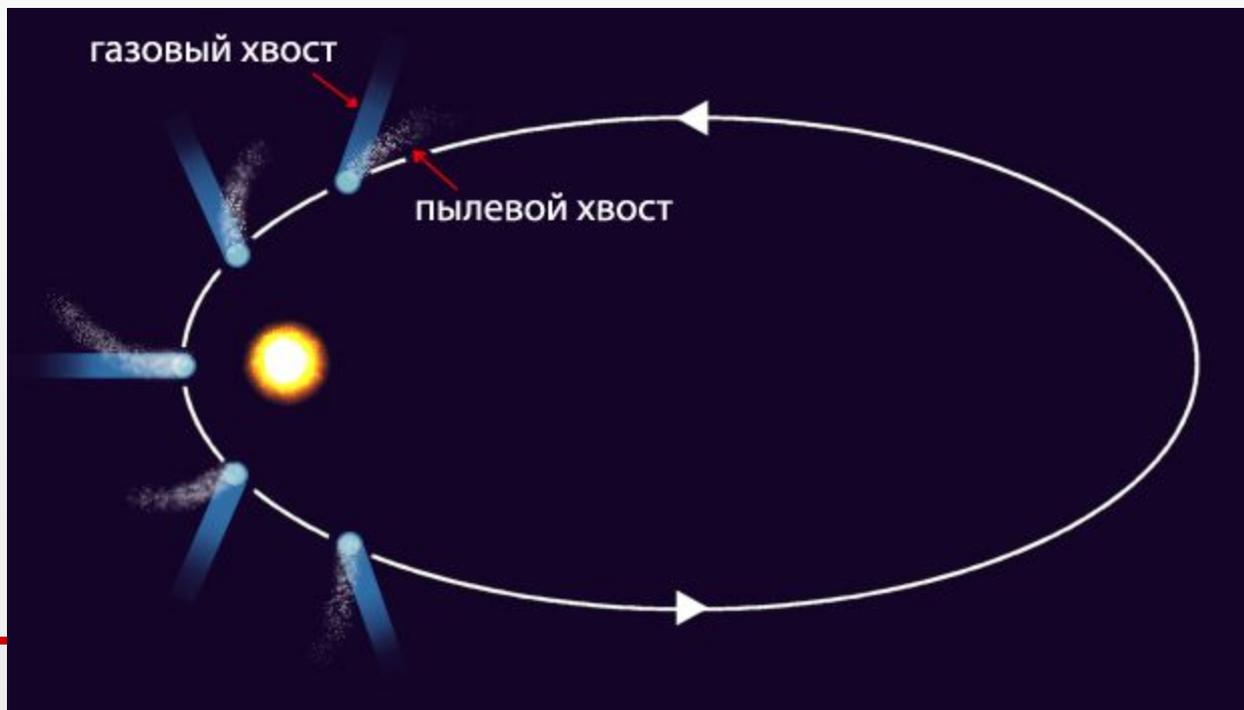
Всего 5 карликовых планет.

---

---

# Кометы

## Комета Хейла-Боппа



---

## Метеороиды

Видимый след метеороида, вошедшего в атмосферу Земли, называется **метеором**, а метеороид, упавший на поверхность Земли – **метеоритом**.



Гоба  
60 тонн  
Намибия

---

---

**Галактика** – гравитационно-связанная система из звезд, межзвездного газа и пыли.

Все объекты в составе галактик участвуют в движении относительно общего центра масс.

---





Наша галактика называется **Млечный Путь**.

---



Галактика Андромеды или туманность Андромеды (M31)

---

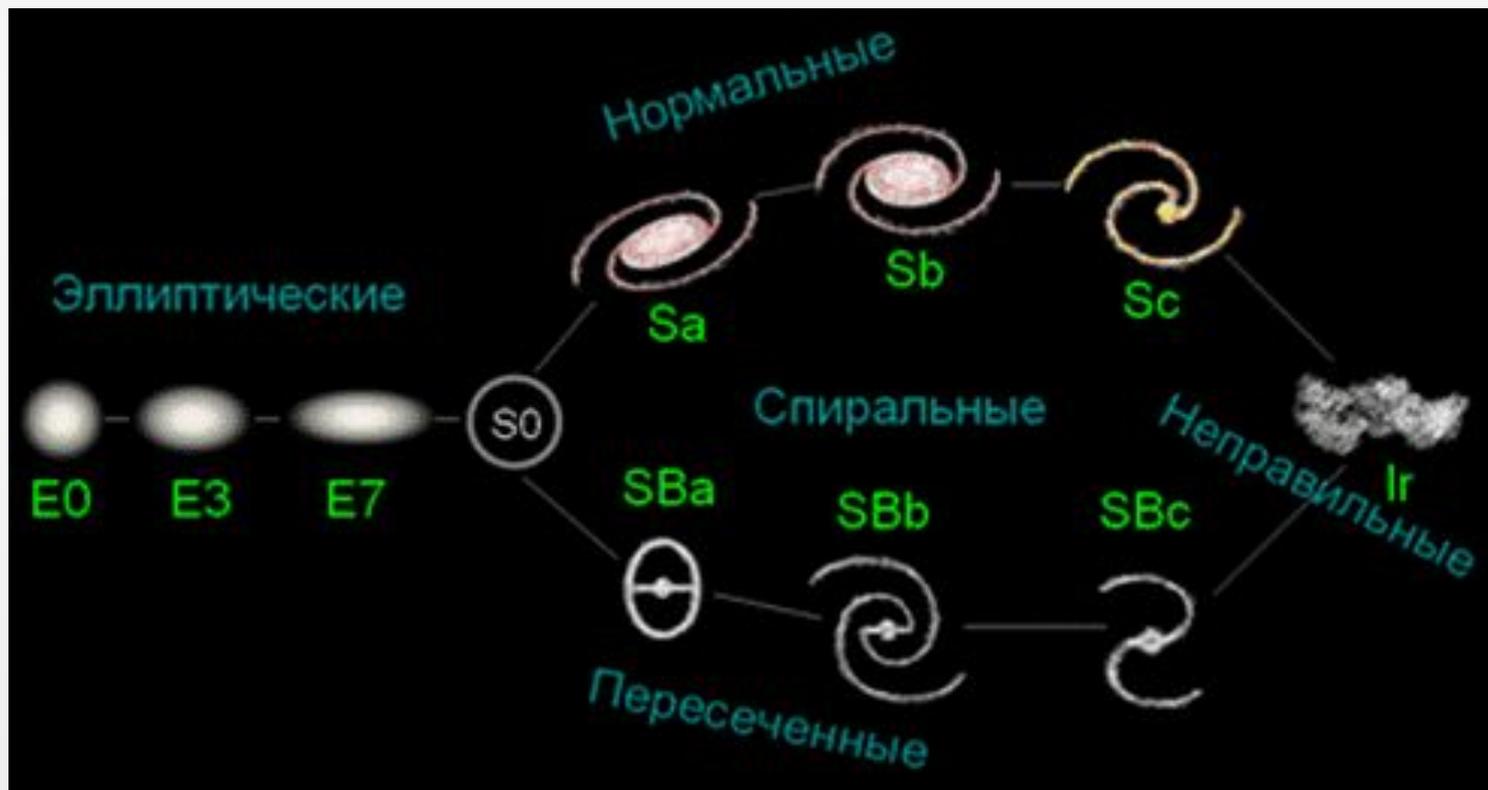


Галактики – Большое и Малое Магеллановы Облака

---

## Галактики:

- эллиптические;
- спиральные;
- неправильные.





M60



M49

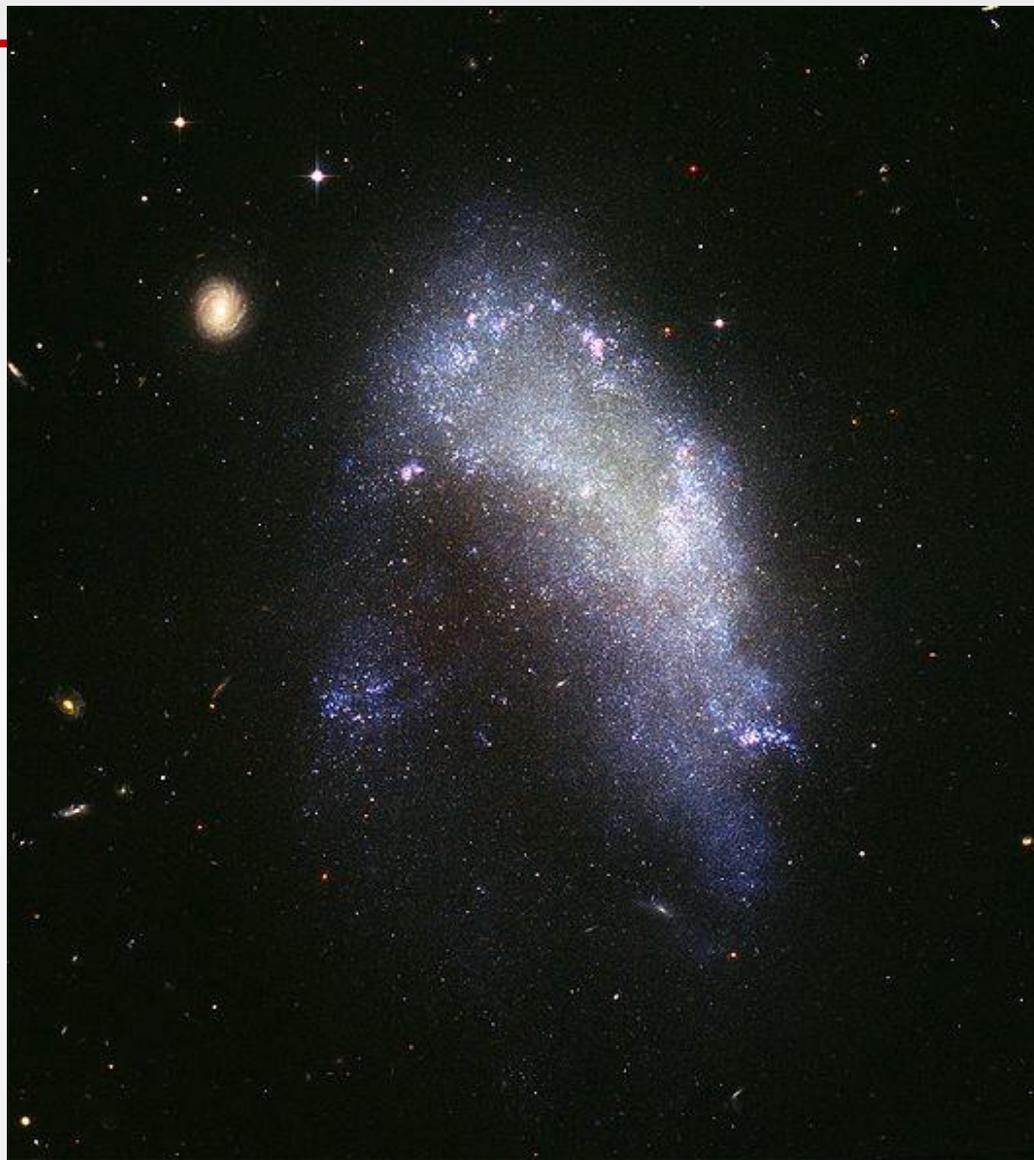
Эллиптические галактики (отсутствует звездообразование)

---



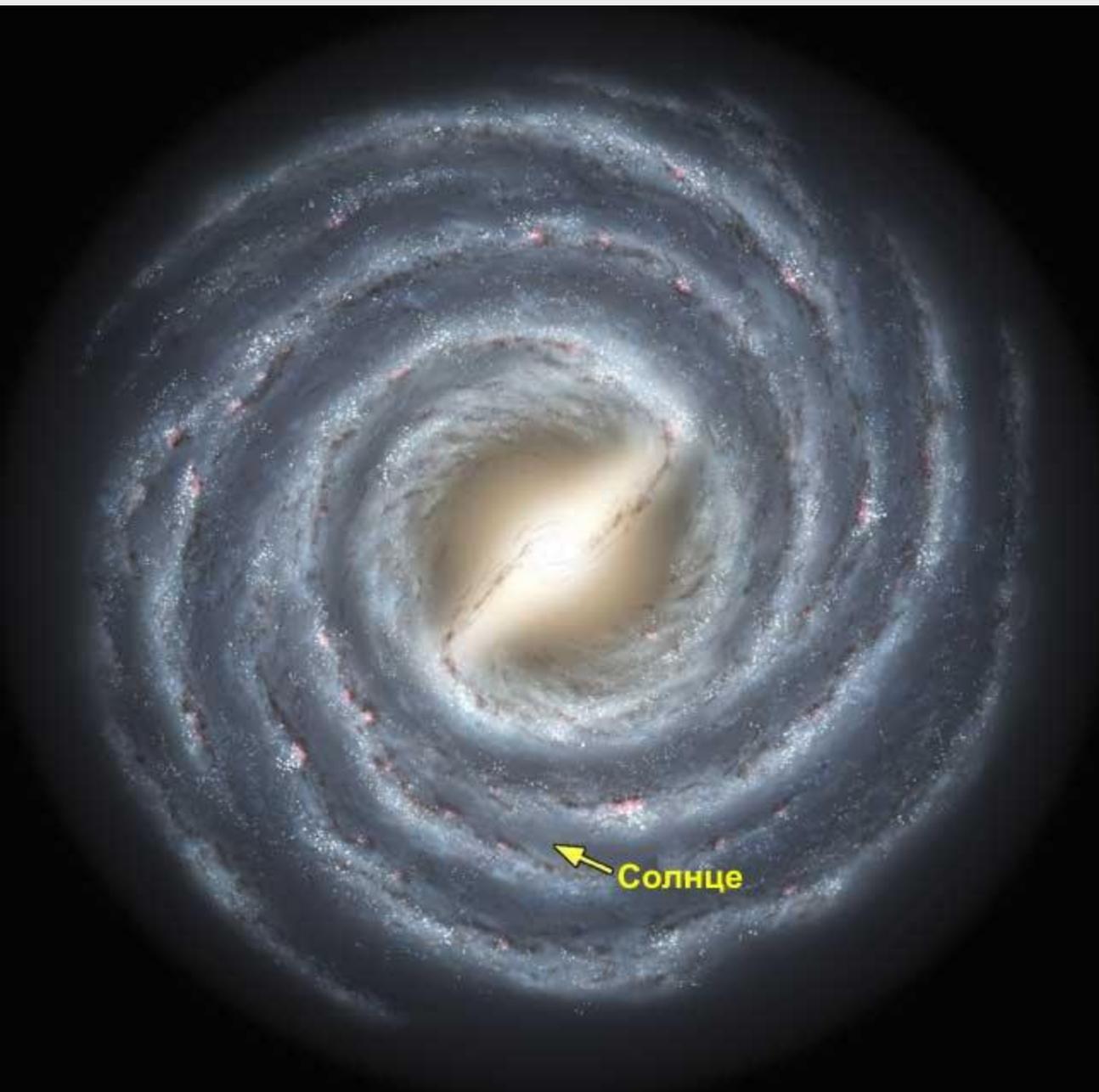
Пример спиральной галактики – галактика Вертушка

---



Пример неправильной галактики –  
галактика NGC 1427A в созвездии Эридан

---



Наша галактика  
Млечный Путь  
спиральная.

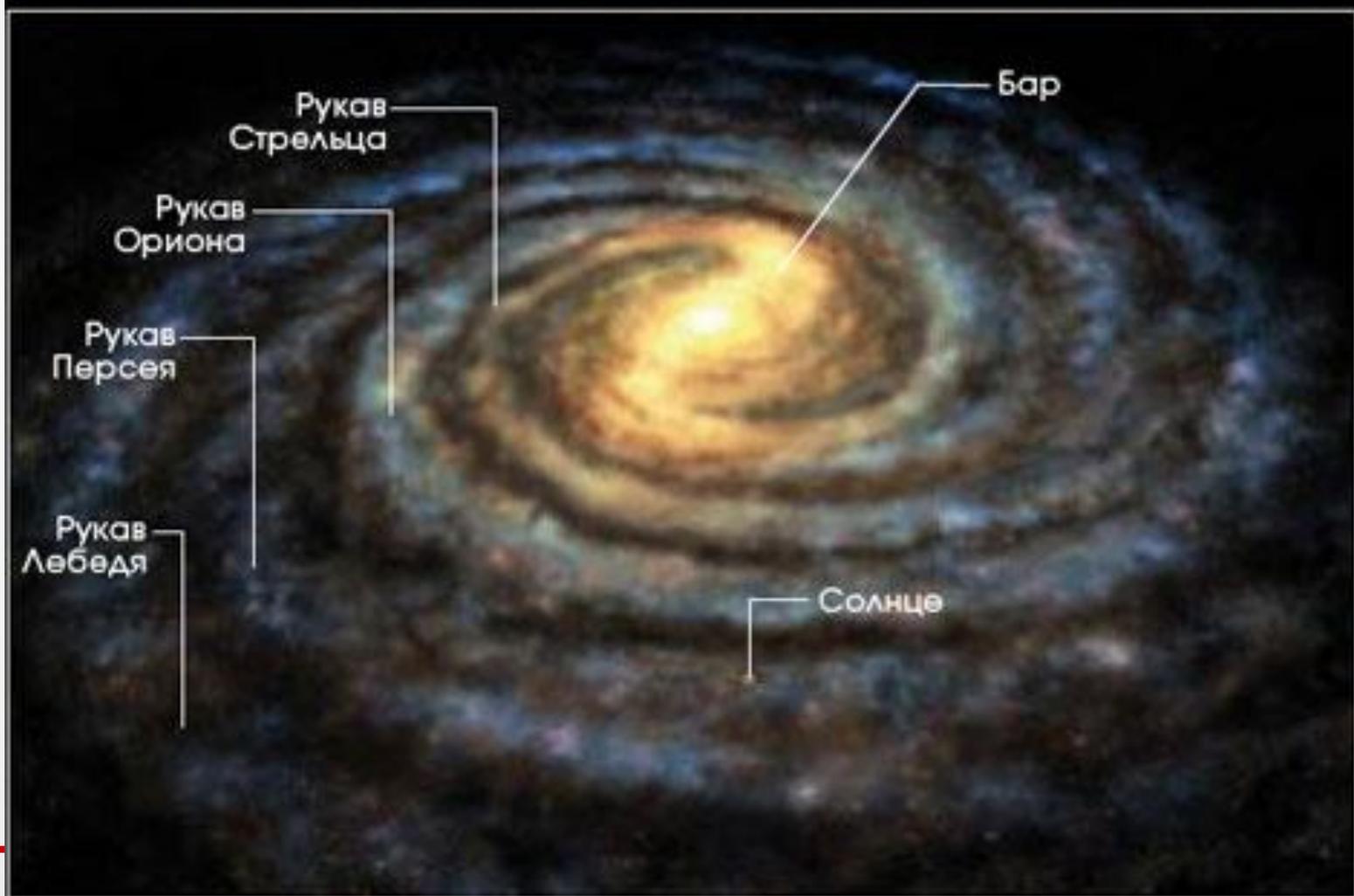
---

## В центре нашей Галактики

**Стрелец A\*** (Sagittarius A\*, Sgr A\*) – сверхмассивный объект (черная дыра), окружённый горячим радиоизлучающим газовым облаком.

Расстояние до него составляет около 26 тыс. св. лет, масса центрального объекта – 4,3 млн. масс Солнца.

---



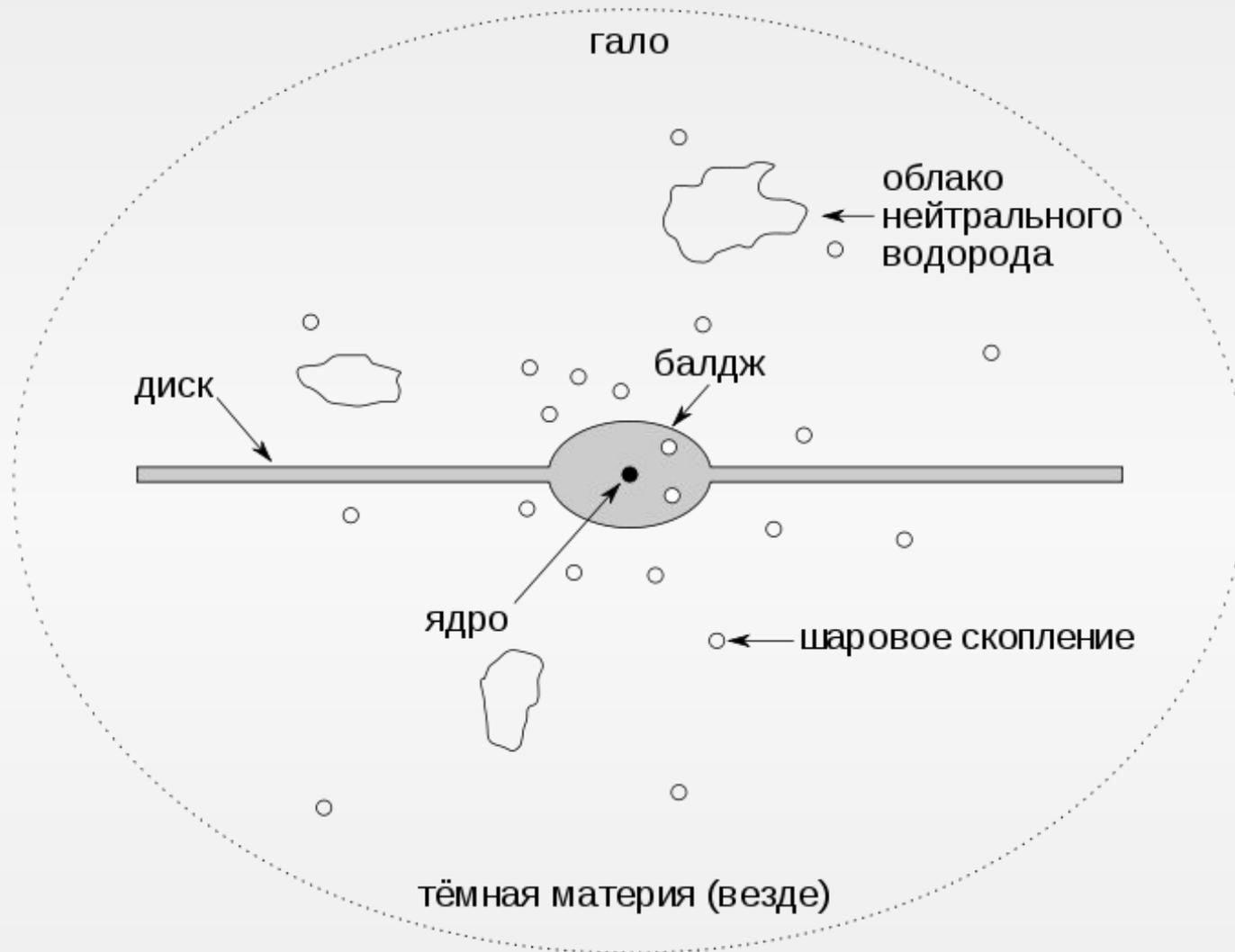
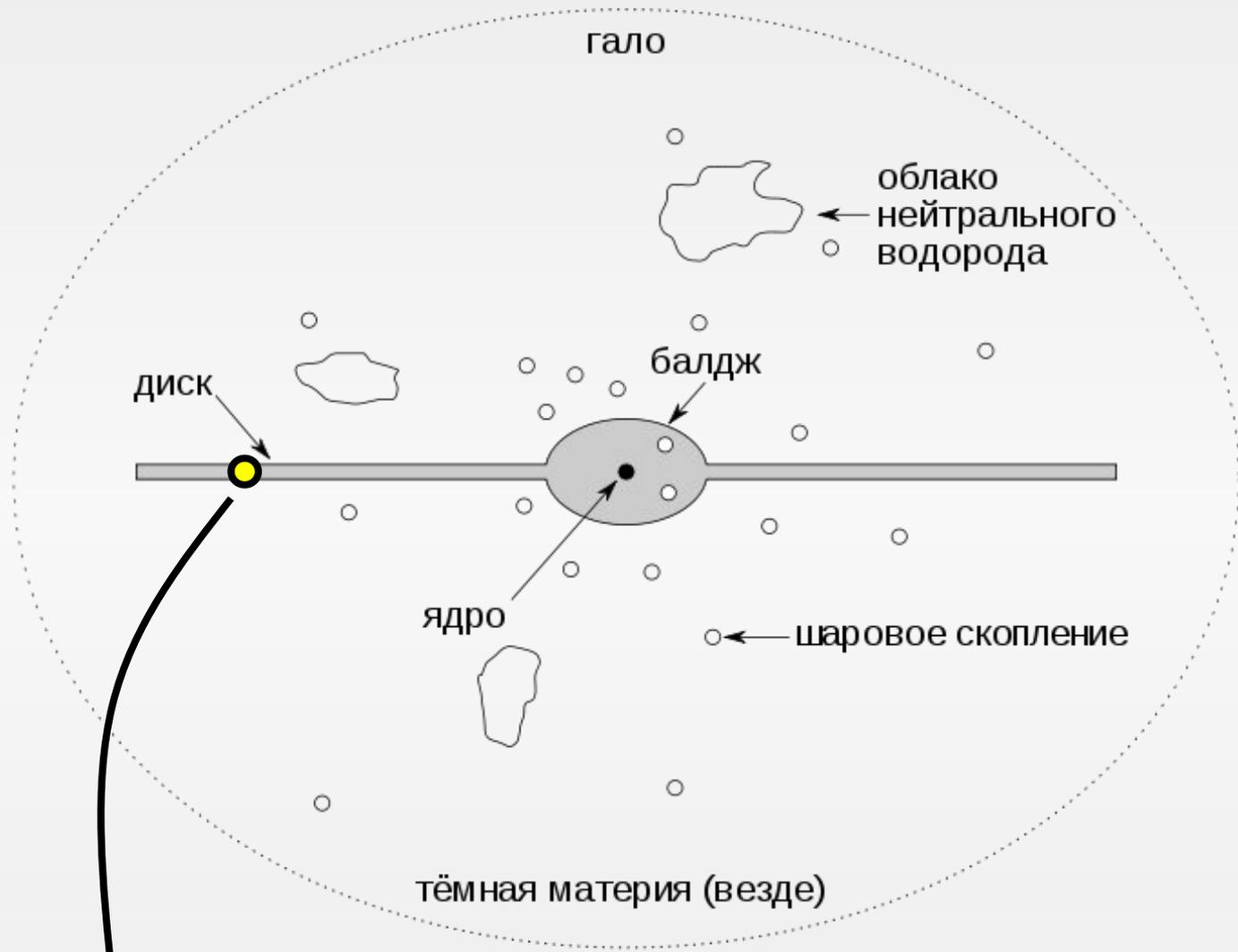


Схема спиральной галактики, вид в профиль.



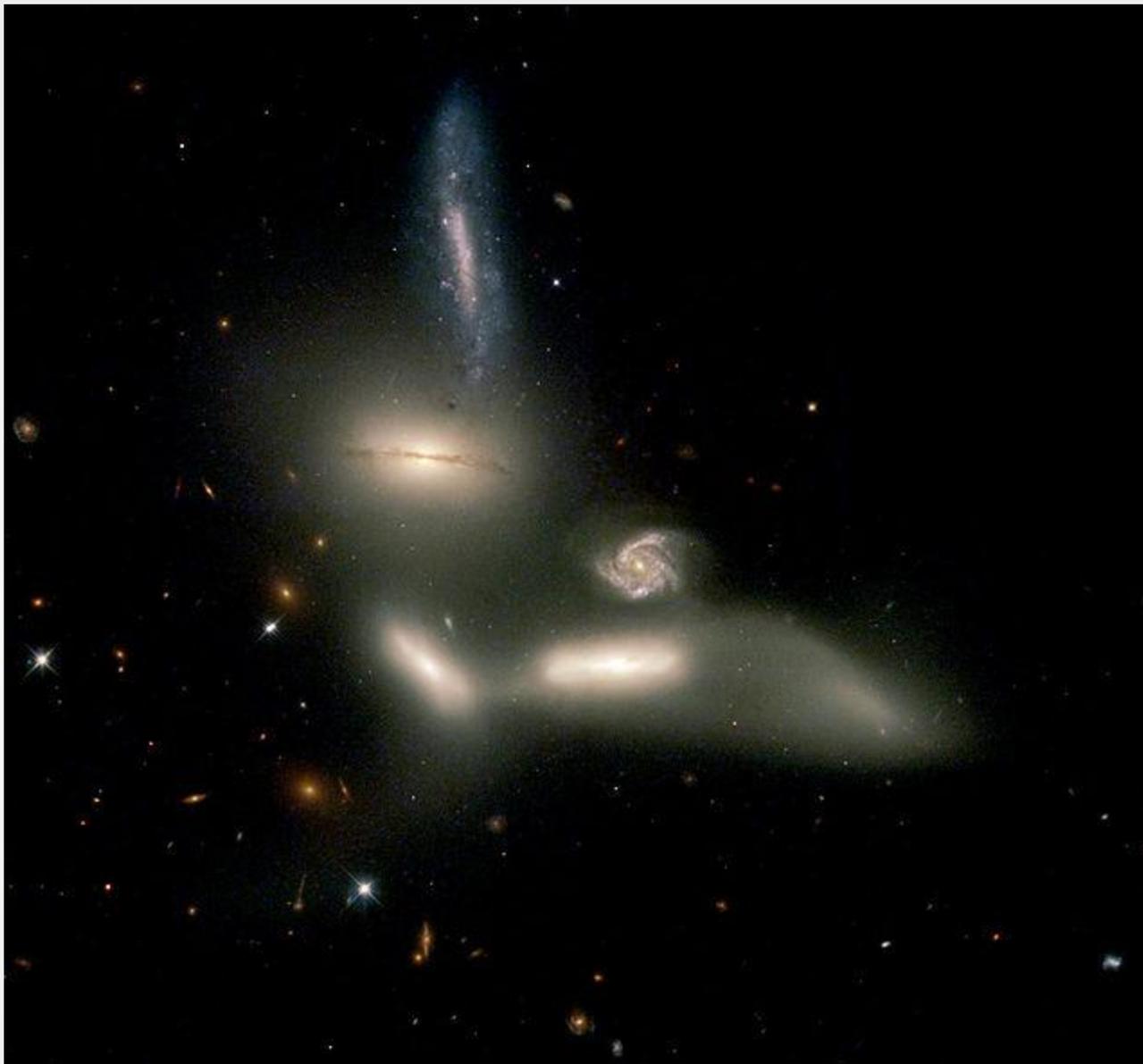
Солнце

---

Солнечная система расположена вблизи плоскости симметрии галактического диска на окраине рукава Ориона.

Солнце вращается вокруг галактического центра по почти круговой орбите со скоростью около 220 км/с и совершает полный оборот за ~230 млн. лет. Этот промежуток времени называется **галактическим годом**.

---



---

Группа галактик  
Секстет Сейферта  
как пример группы  
галактик.

Секстет Сейферта –  
группа,  
расположенная в  
созвездии Змеи и  
удалённая  
приблизительно на  
190 миллионов  
световых лет от  
Солнечной системы.

Галактики распределены в пространстве неравномерно.

---

---

# Галактика Млечный Путь

Туманность Андромеды

Магеллановы Облака

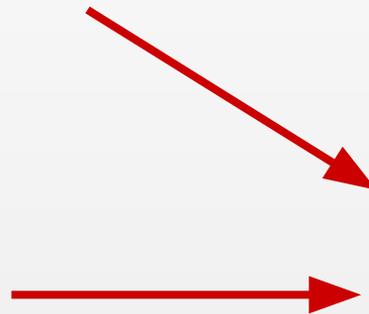
Галактика Треугольника

Прочие карликовые галактики

Скопление галактик **Местная группа**

Скопление галактик в Деве  
и несколько других  
скоплений и групп галактик

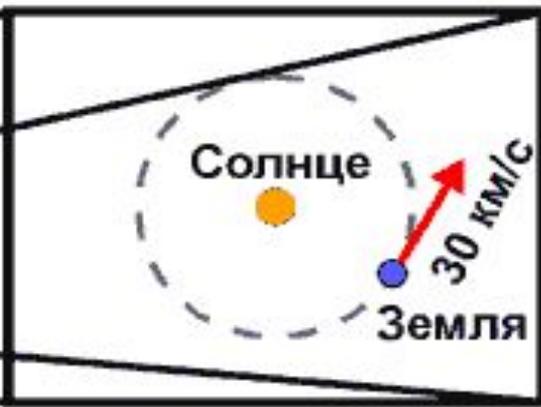
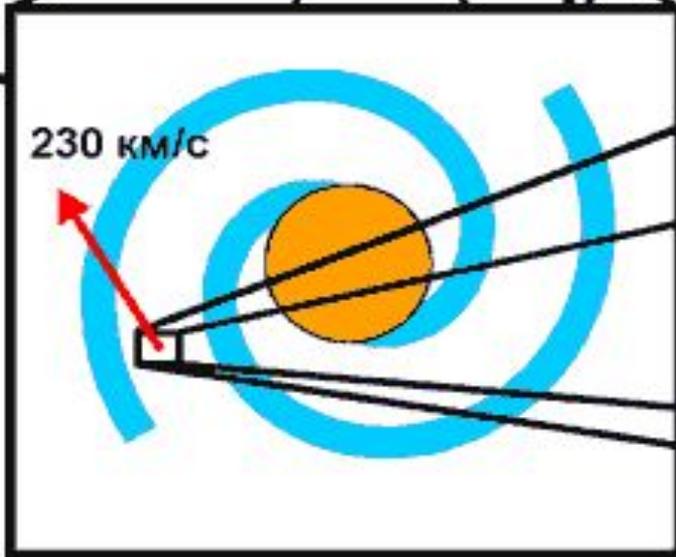
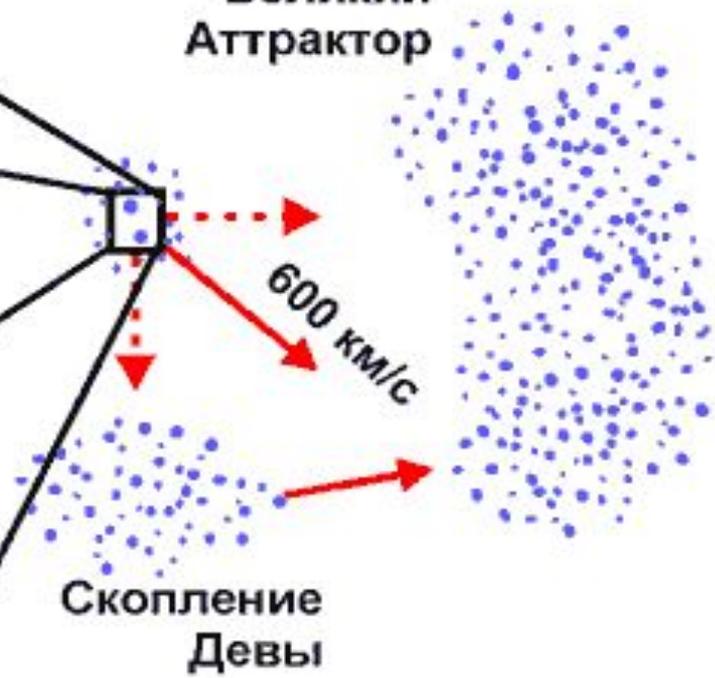
**Сверхскопление  
галактик Девы**



# Местная группа галактик



# Великий Аттрактор



# Наша Галактика - Млечный Путь

---

Совокупность наблюдаемых галактик, вместе с пространством их содержащим, называют **Метагалактикой**.

**Вселенная** имеет размер намного больший.

Земля → Солнечная система → Галактика Млечный  
Путь → Скопление галактик Местная группа →  
Сверхскопление галактик Девы → Наблюдаемая  
Вселенная (Метагалактика) → Вселенная

---