
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.

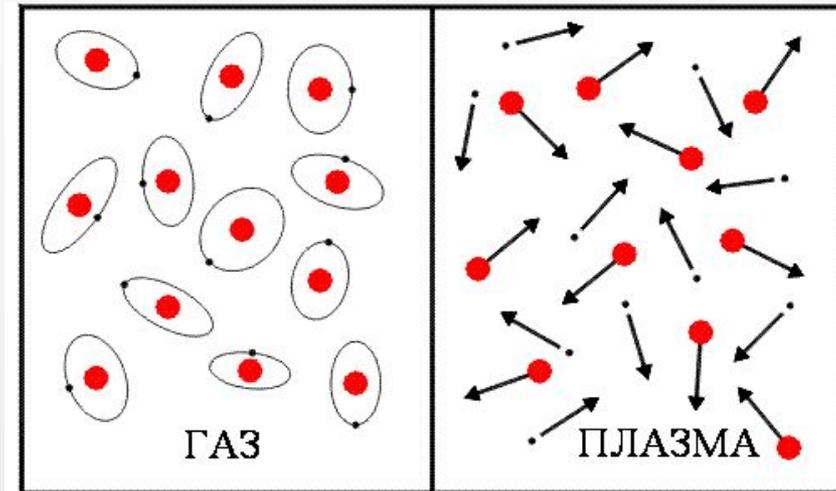
Три вида материи:

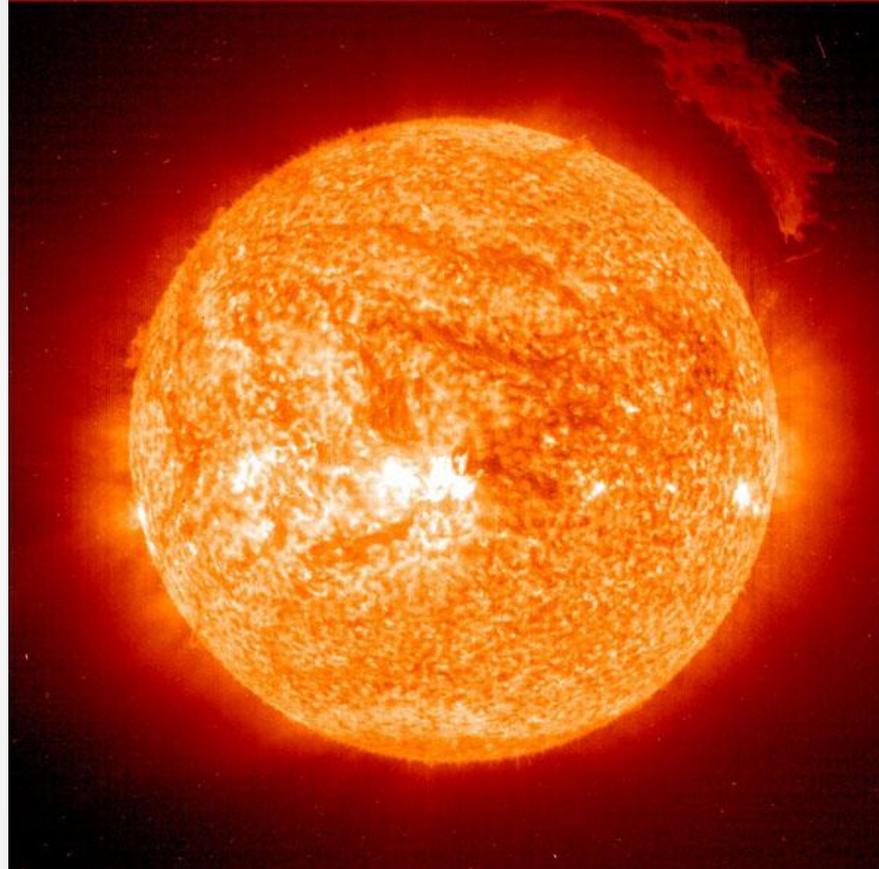
1. **вещество** (обладает массой покоя)

4 агрегатных состояния вещества:

твердое жидкое газообразное плазменное

Плазма – ионизированный газ.



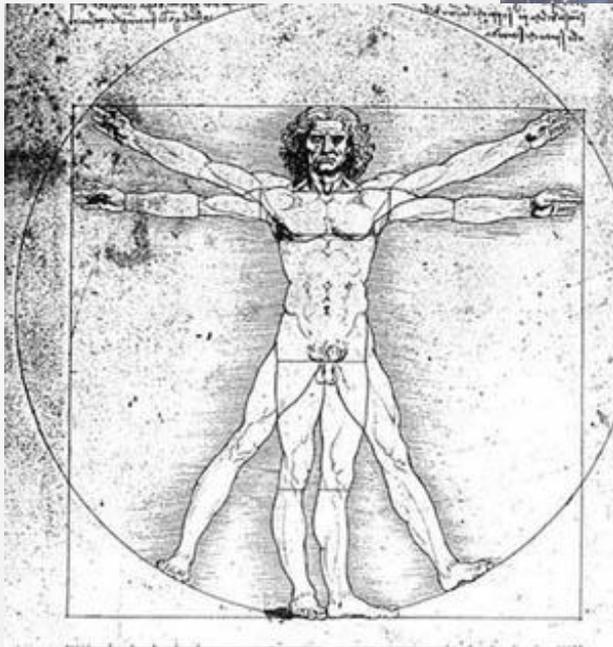


Солнце

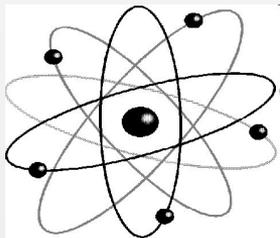
Три вида материи:

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





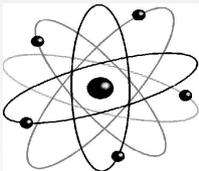
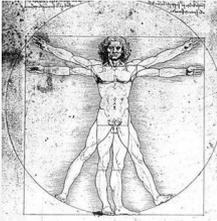
макромир



микромир

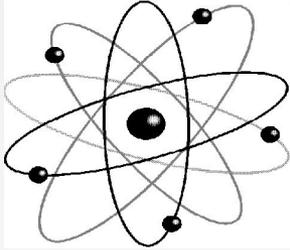
МЕГАМИР

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 	$1,4 \cdot 10^9 - 10^{28}$	$> 10^{20}$

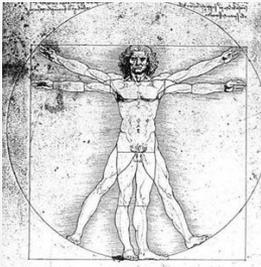
Объекты

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

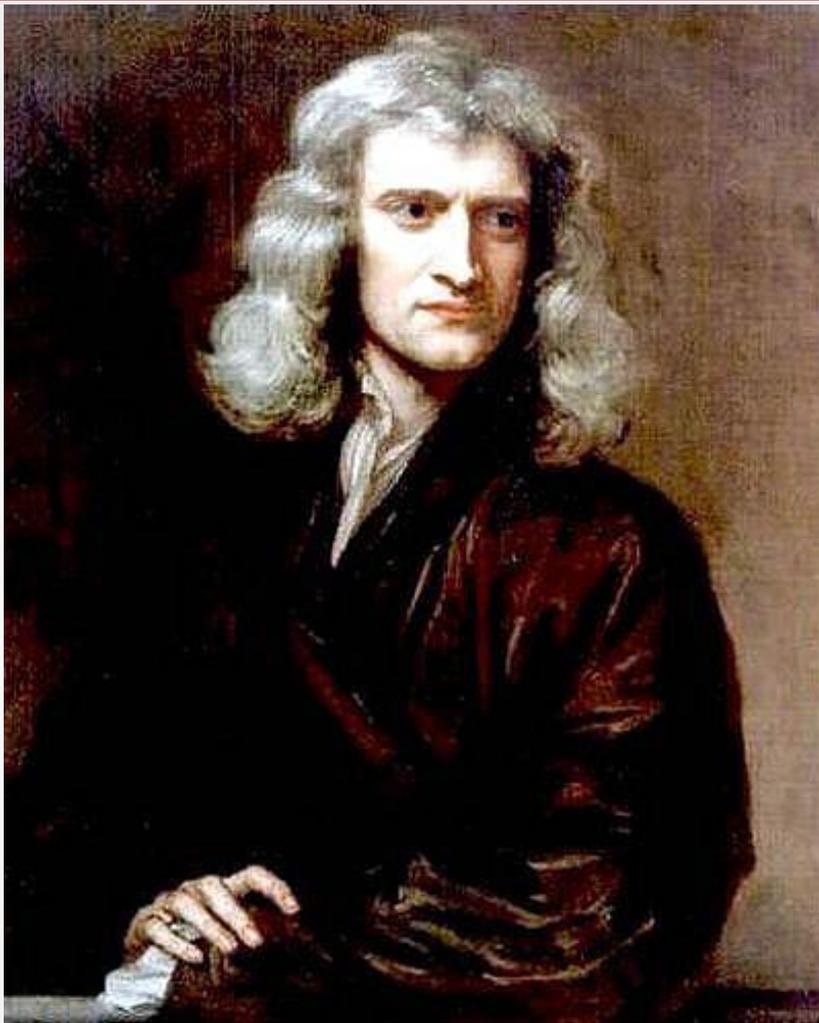
Основные разделы физики

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

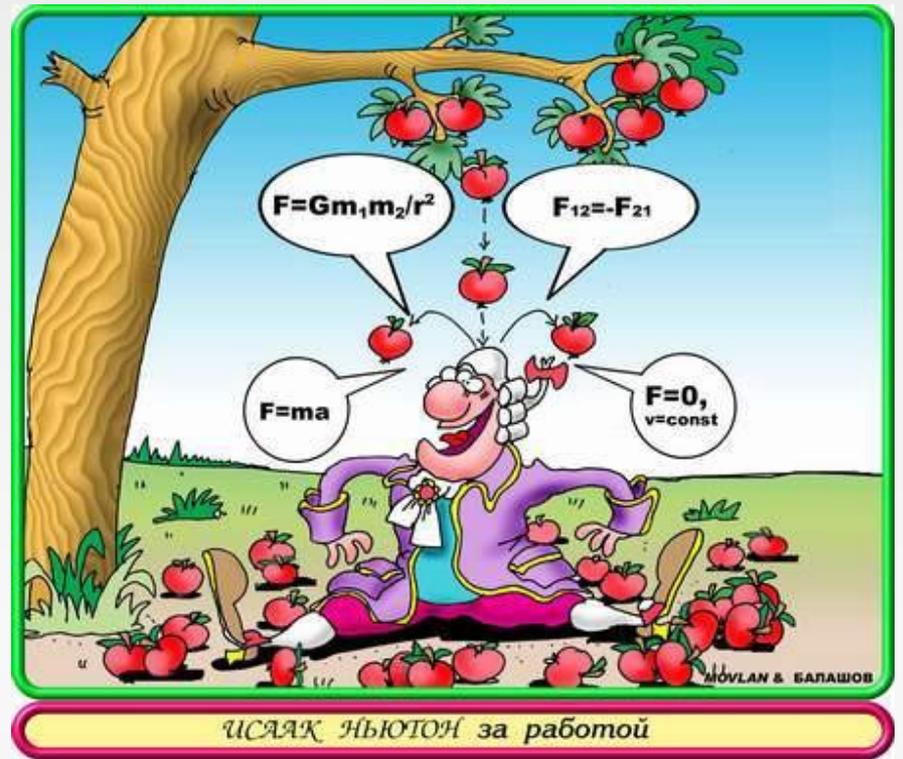
Механика изучает механическое движение тел под действием заданных сил без выяснения природы сил и структуры тел.

Классическая механика (Ньютон)

$$V \ll c$$



Сэр Исаак Ньютон
(1642-1727)
англ. физик



Is. Newton

Законы Ньютона

1. Закон инерции

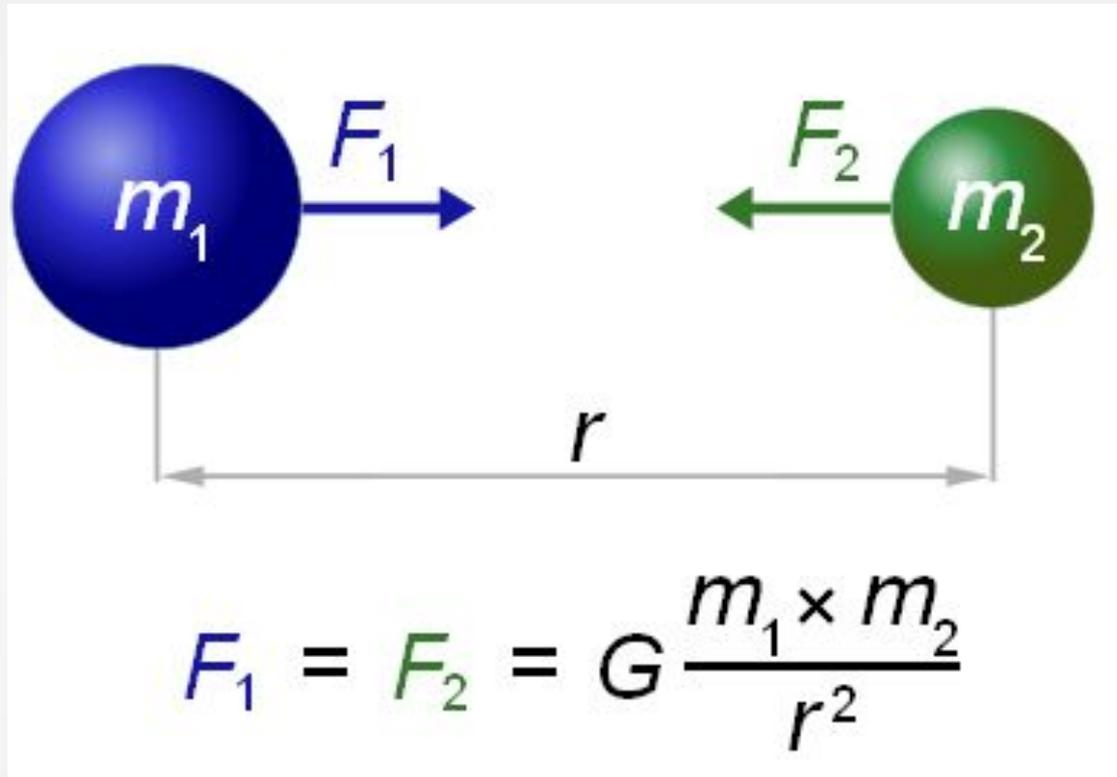
$$F = 0 \Rightarrow V = \text{const}, a = 0$$

2. $F = ma$

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



Закон всемирного тяготения



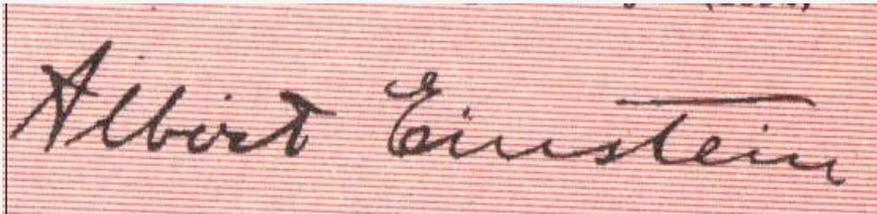
Гравитация – взаимное притяжение тел.

Пространство и время в классической механике

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

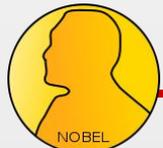
Пространство и время – некие
субстанции, обладающие самостоятельным
существованием и не связаны с
материальными телами.

Теория ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

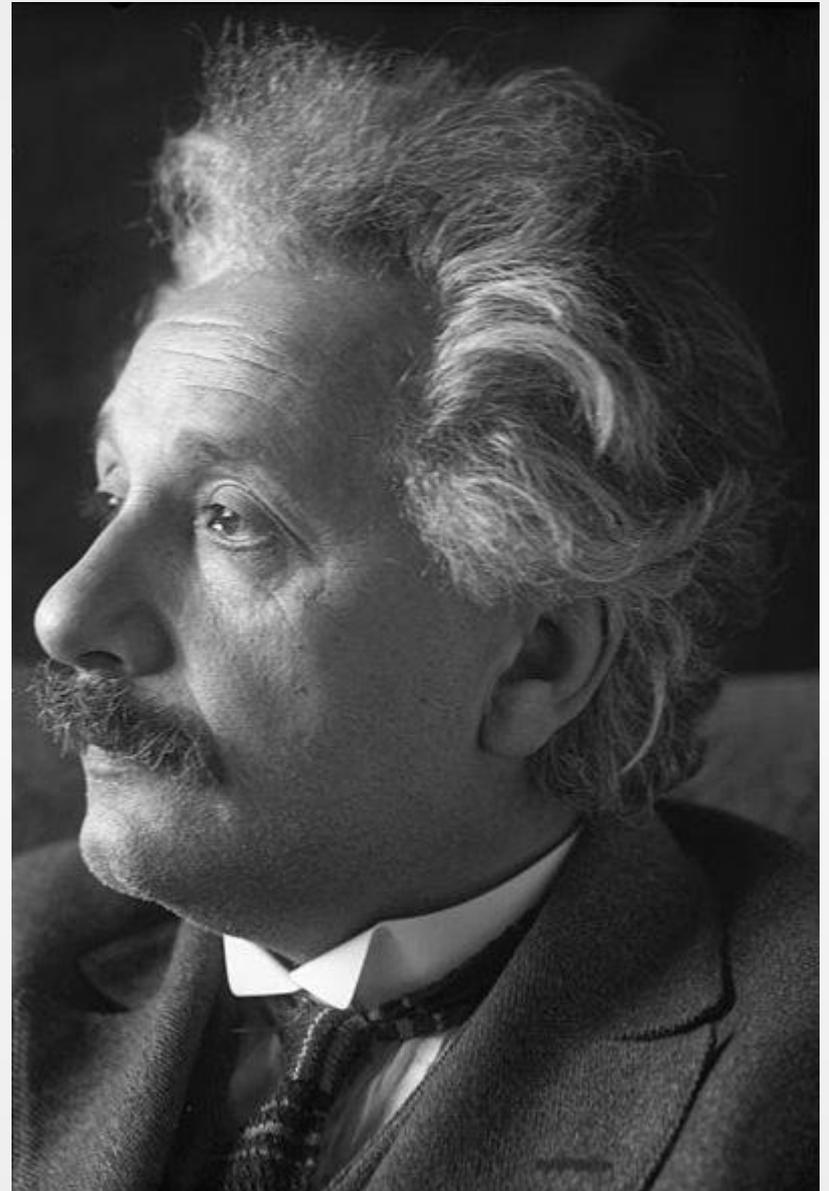


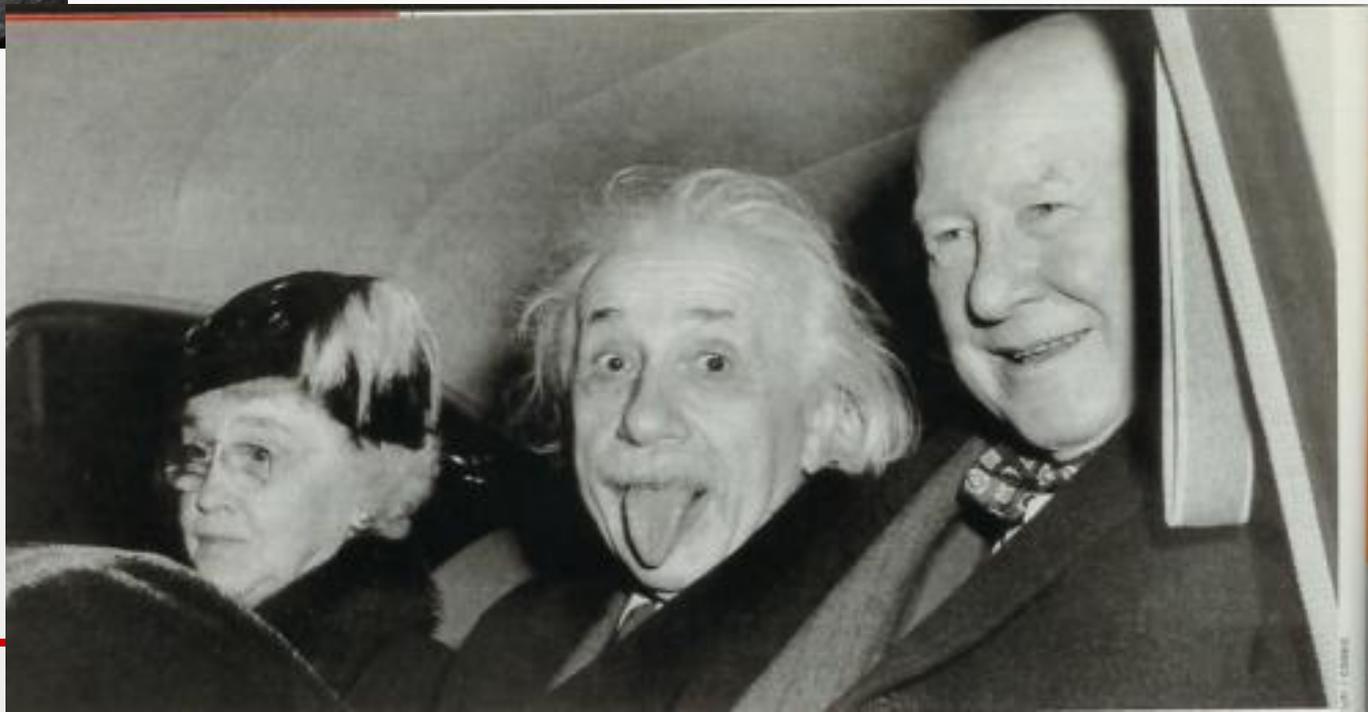
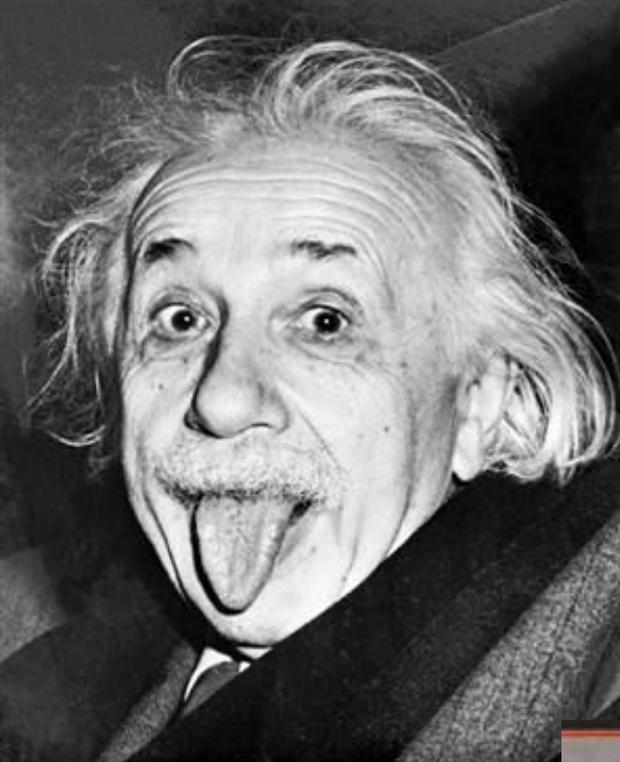
Albert Einstein

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

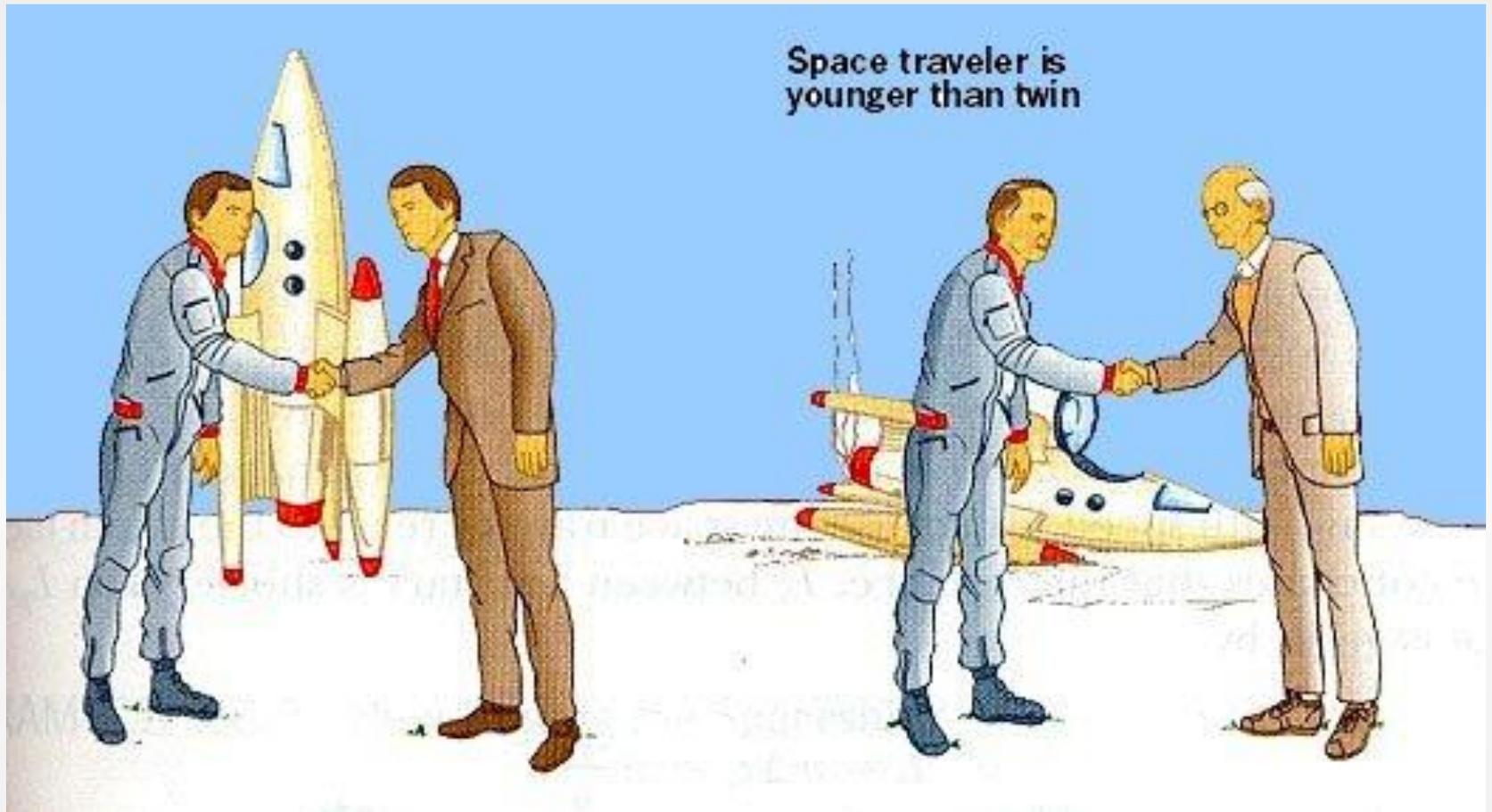
Скорость света в вакууме во всех инерциальных системах отсчета одинакова.

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

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

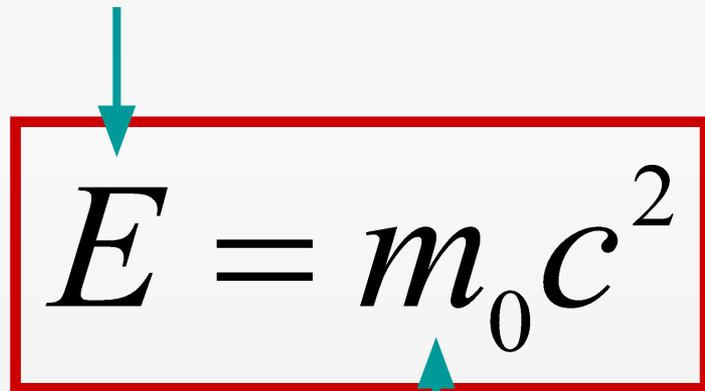
- части единого пространства-времени
- без материи существовать не могут

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

Формула Альберта Эйнштейна

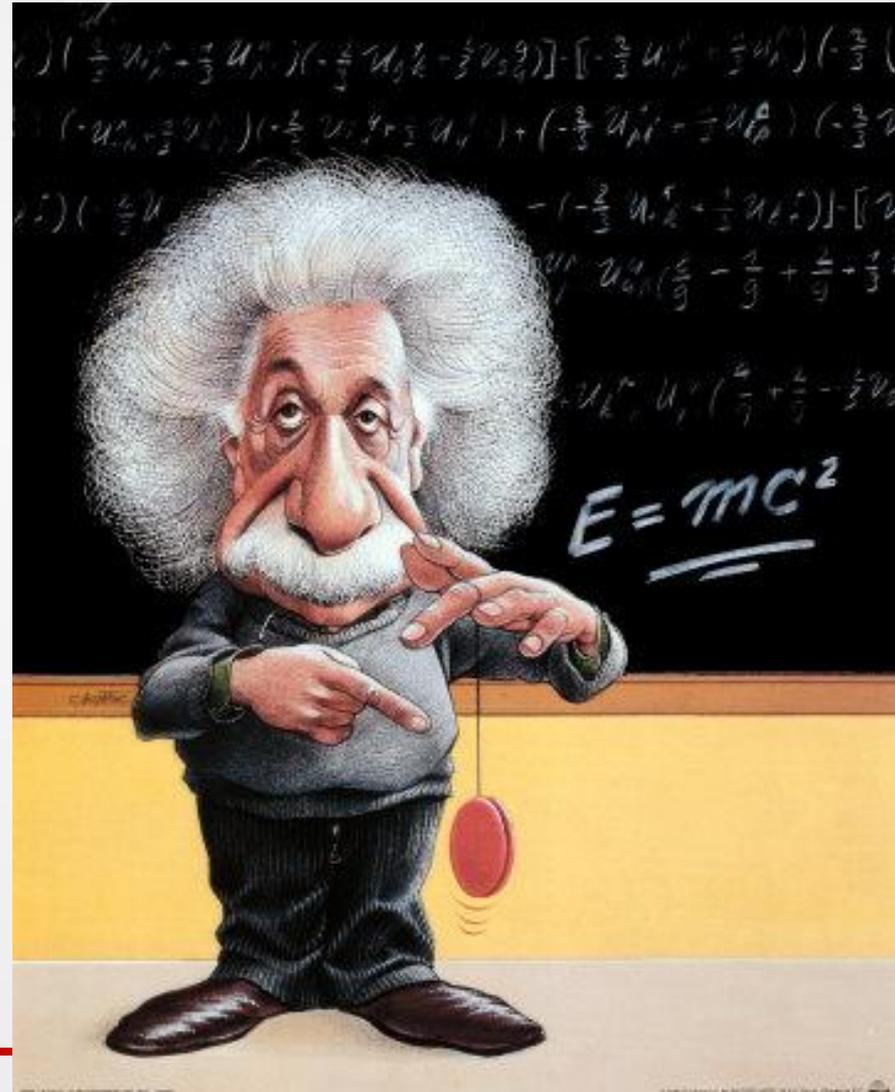
$$V = 0$$

Энергия покоя

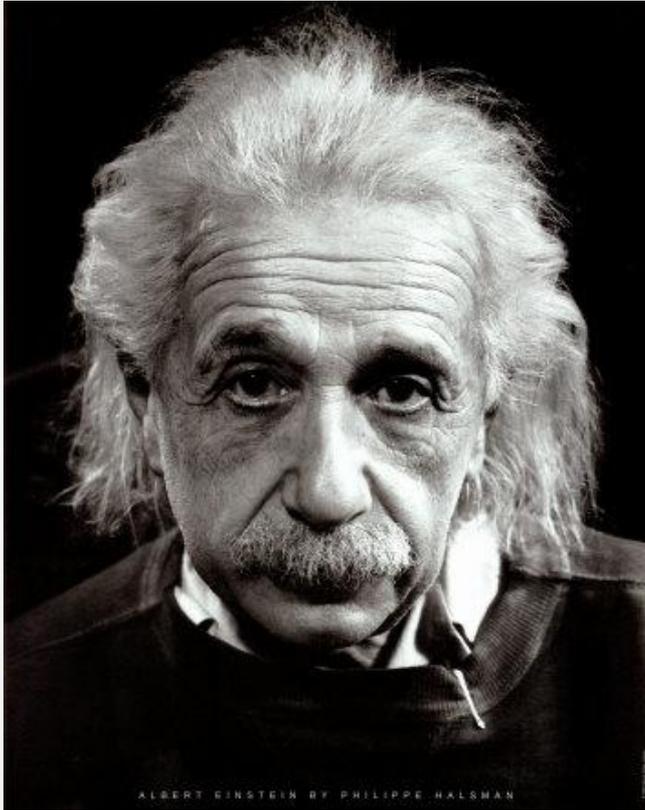

$$E = m_0 c^2$$

масса покоя

СВЯЗЬ
массы и энергии



ОТО – геометрическая теория тяготения

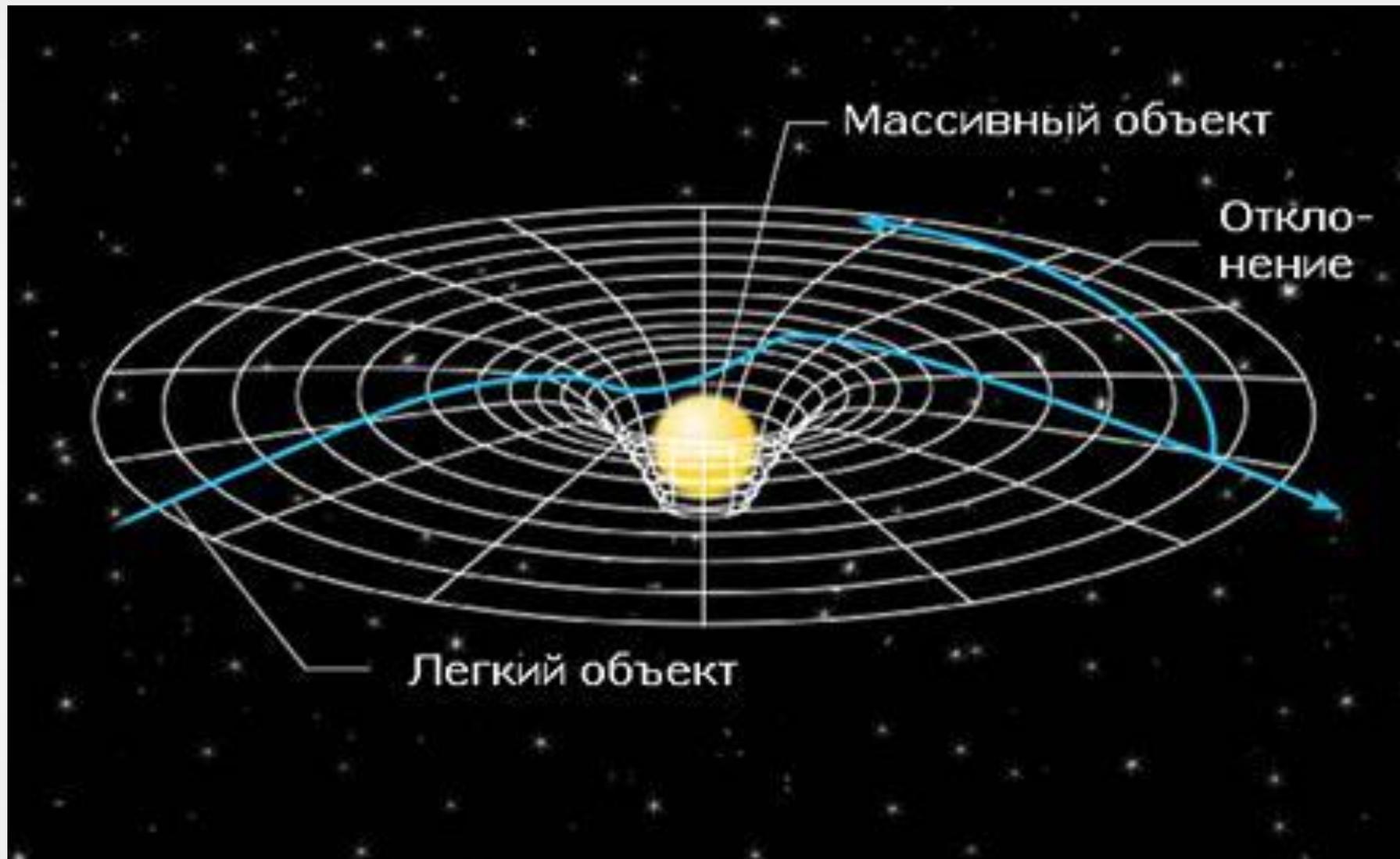


Распространяется на
НЕИНЕРЦИАЛЬНЫЕ
системы отсчета

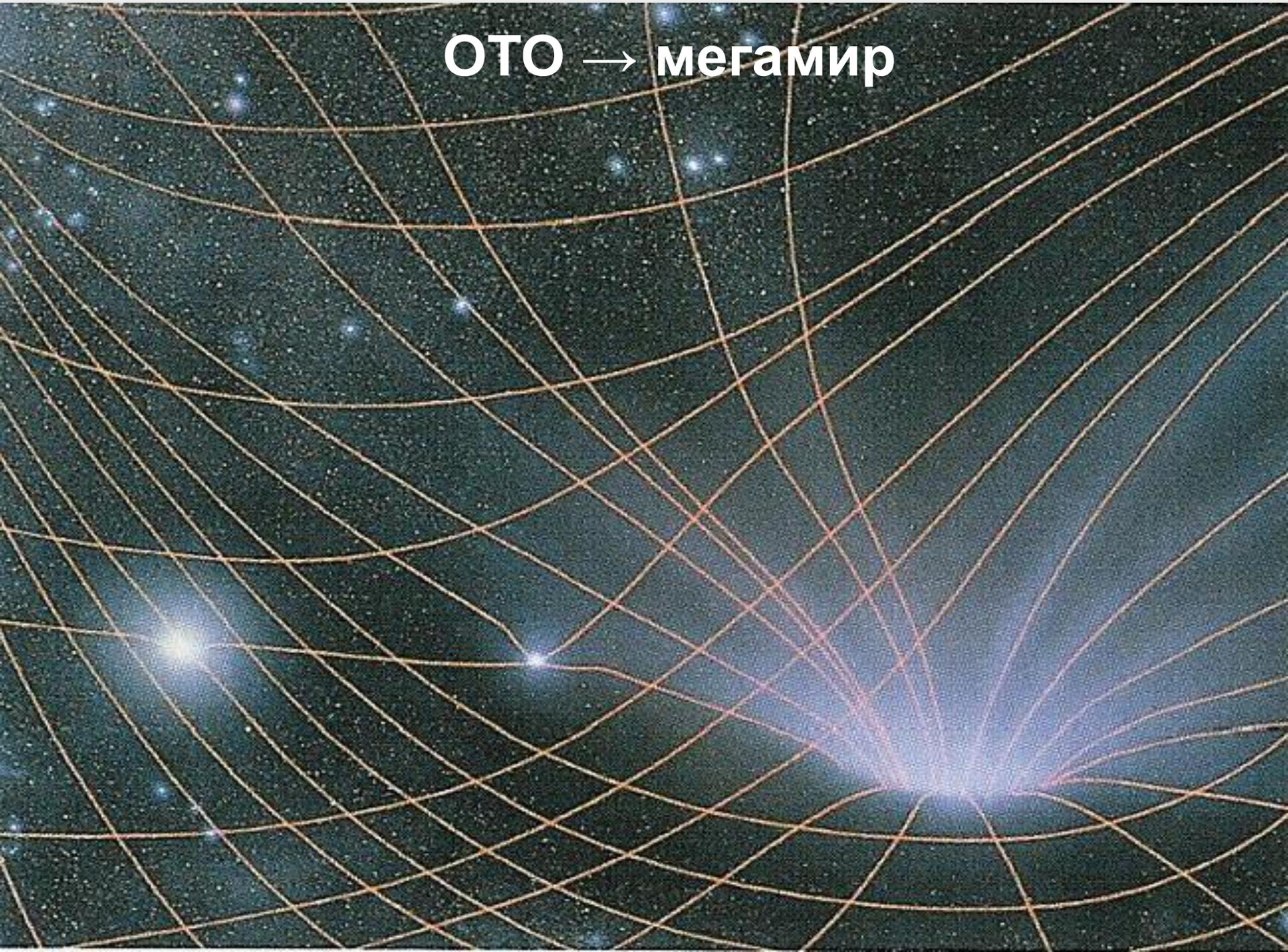
**Гравитация = Движение с
ускорением**

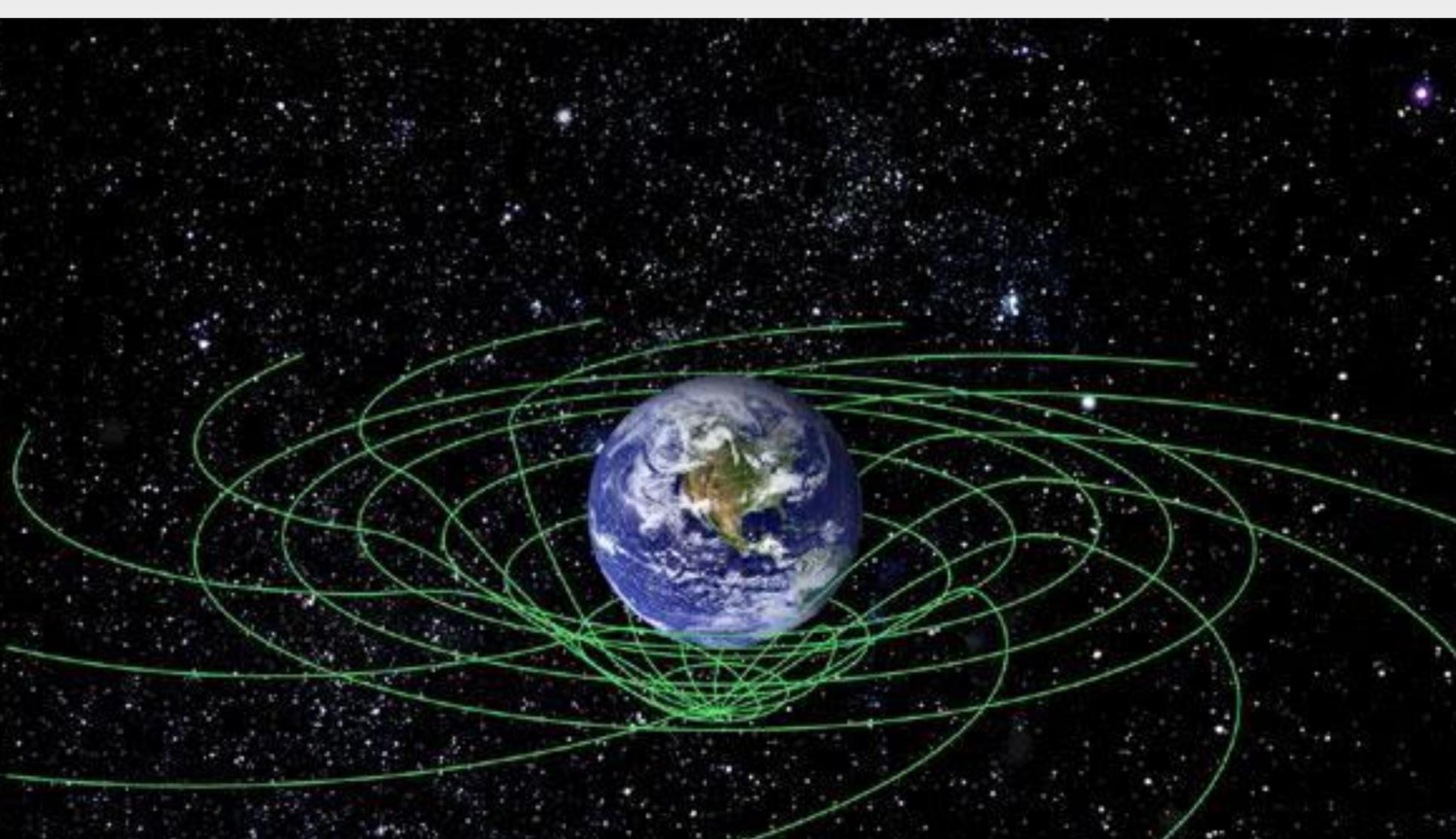
Гравитация – это не сила, а изменение (геометрических) свойств пространства-времени – **искривление** 4-мерного пространства-времени.

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



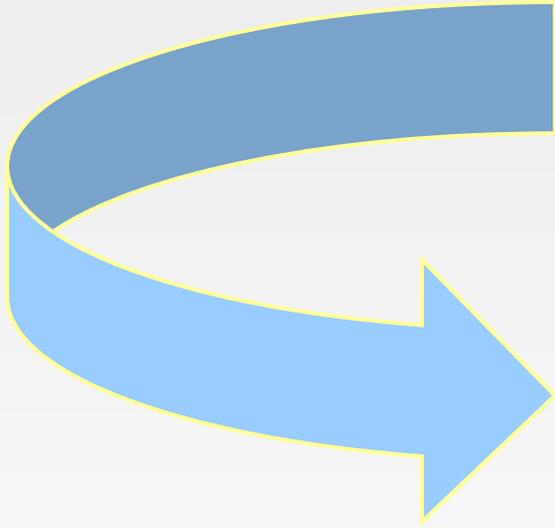
OTO → мегамир





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

СТО и ОТО



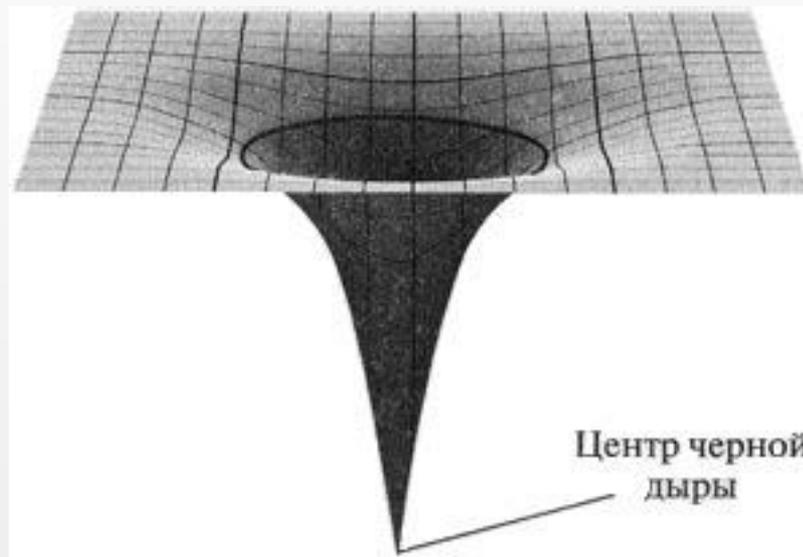
Классическая механика

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.



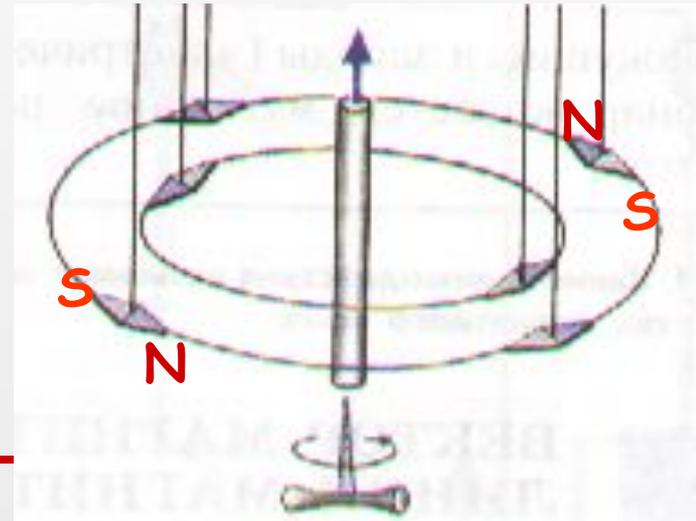
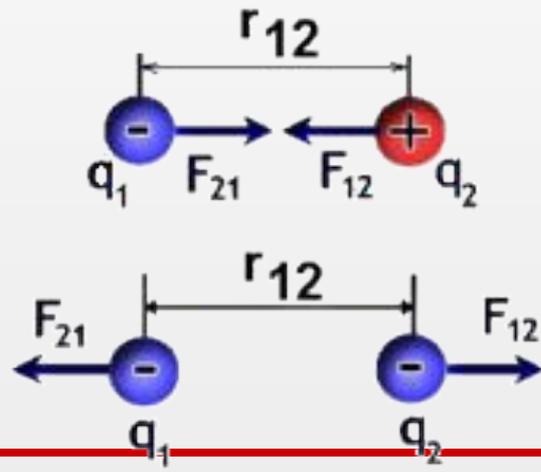
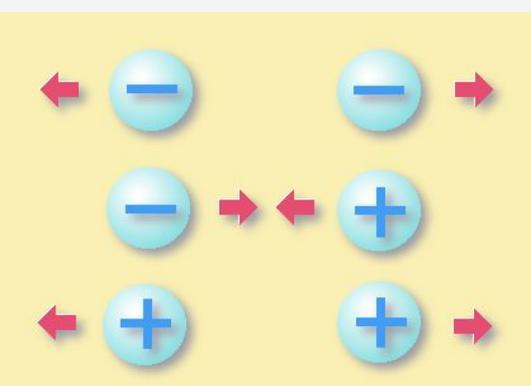
Шарль Дюфе
(1698-1739)
фран. физик



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

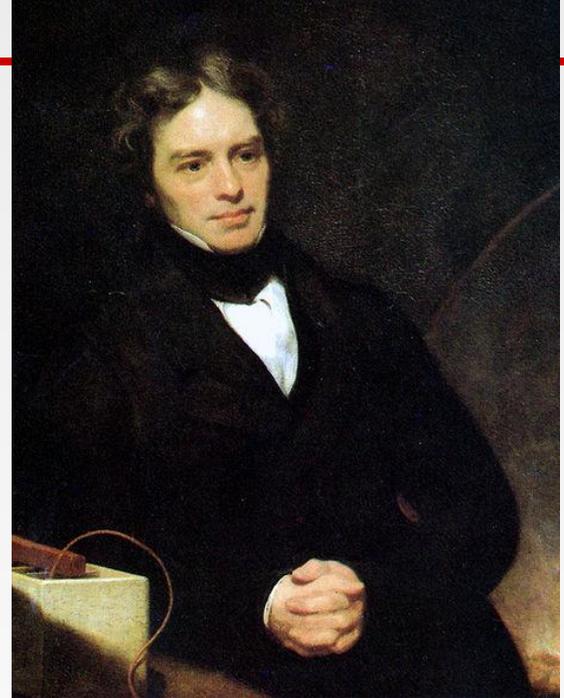


Ханс Эрстед
(1777-1851)
датский физик

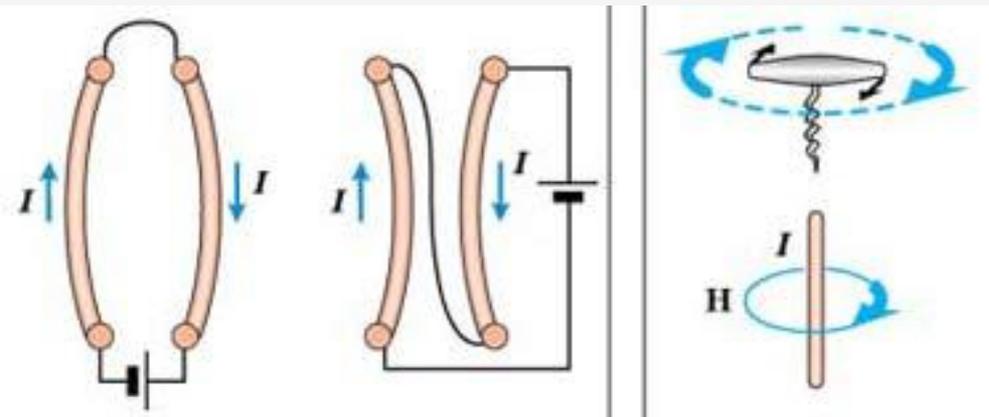




Андре-Мари Ампер
(1775-1836)
фран. физик

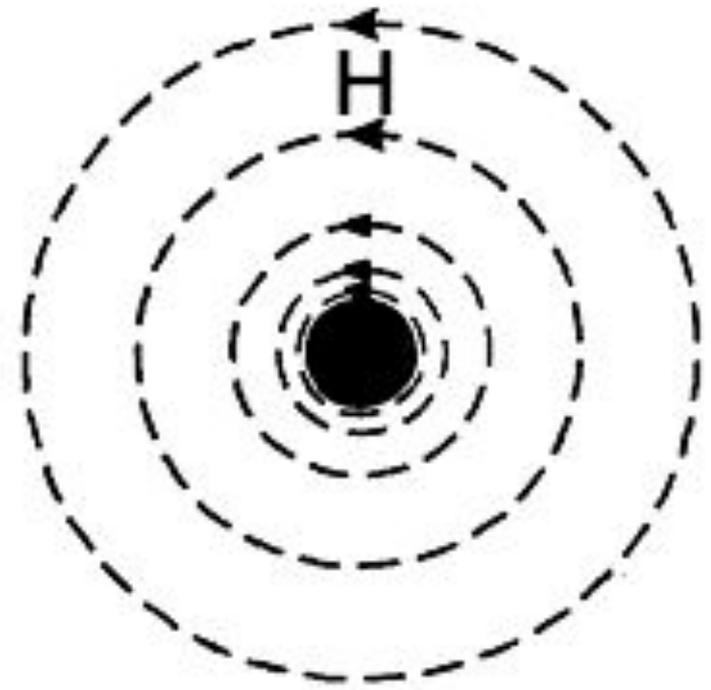
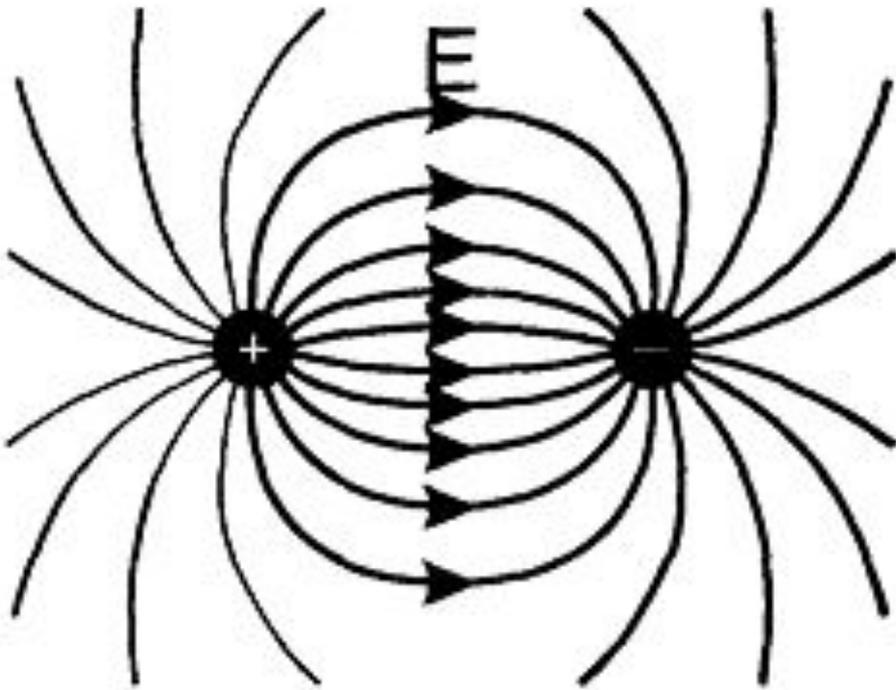


Майкл Фарадей
(1791-1867)
англ. физик



Понятие поля

Силовые линии



Фарадей за опытами в лаборатории



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

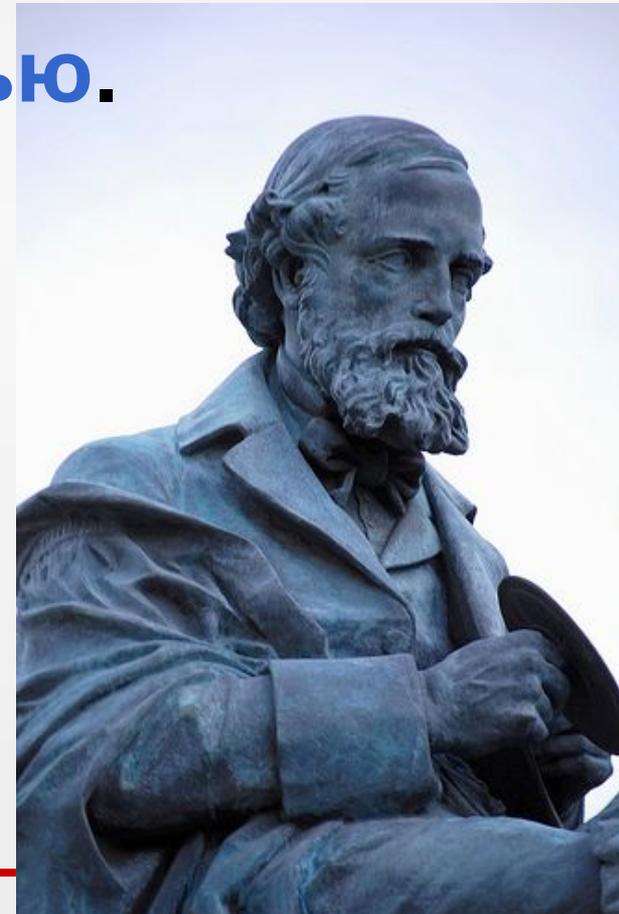
А. Эйнштейн

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

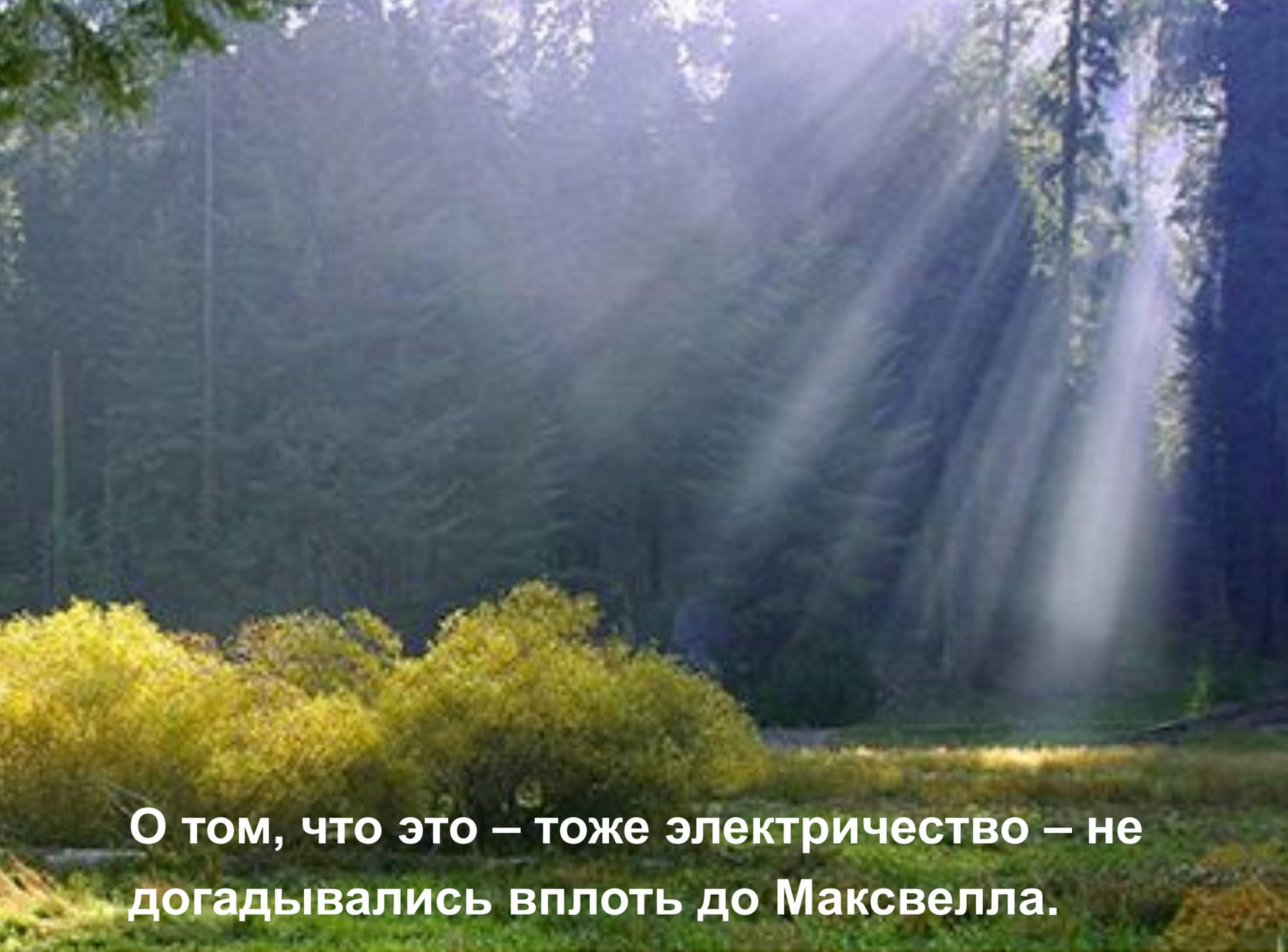
скорость распространения

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 :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

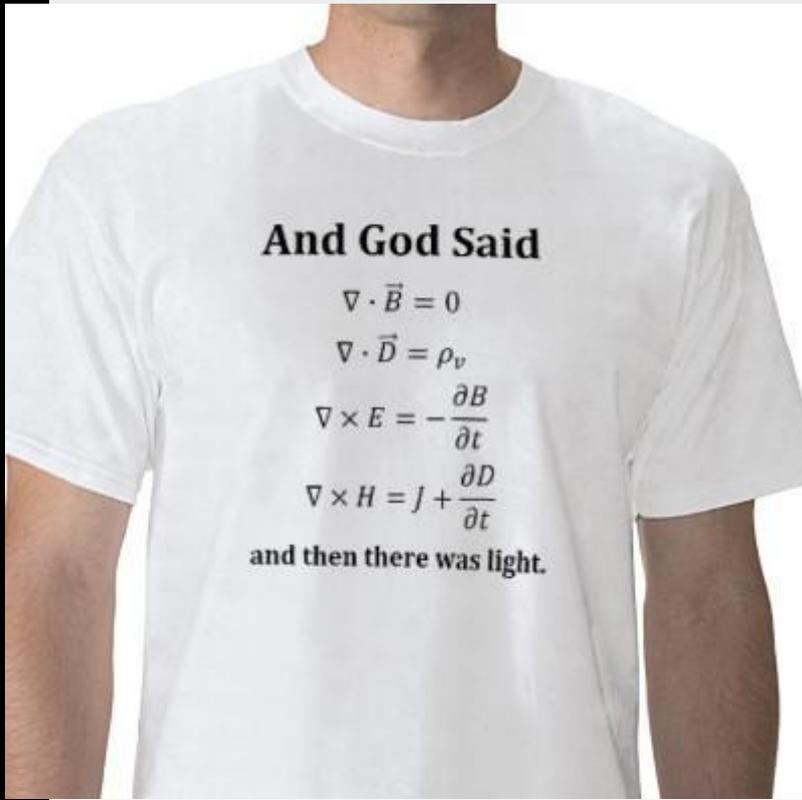
$$P_e = \int_{\omega} \frac{1}{\omega^2} J \cdot dV = \int_{\omega} \int_{\theta} \int_{\phi} \frac{4\pi V_0}{\left[r \ln(b/a) \right]^2} \sin^2 \theta z \sin^2 \omega \cos \theta d\omega d\theta dr = \frac{4\pi\omega V_0^2}{\ln^2(b/a)} \left(1 - \frac{\sin 2\beta}{2\beta} \right) \sin^2 \omega r$$

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

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

$$E_r = \frac{J_0 e^{-\nu}}{4\pi} \left(\frac{\sqrt{\mu} 2}{\sqrt{\epsilon} r^2} + \frac{2}{j\omega \epsilon r^3} \right) \cos \theta, \quad E_\theta = \frac{J_0 e^{-\nu}}{4\pi} \left(\frac{j\omega \mu}{r} + \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \frac{1}{r^2} + \frac{1}{j\omega \epsilon r^3} \right) \sin \theta$$

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



И стало светло...

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

Закон сохранения энергии

Первое начало термодинамики

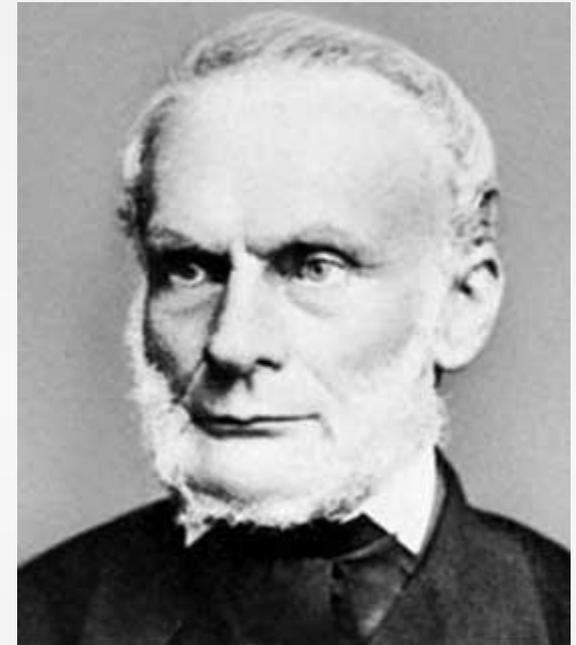
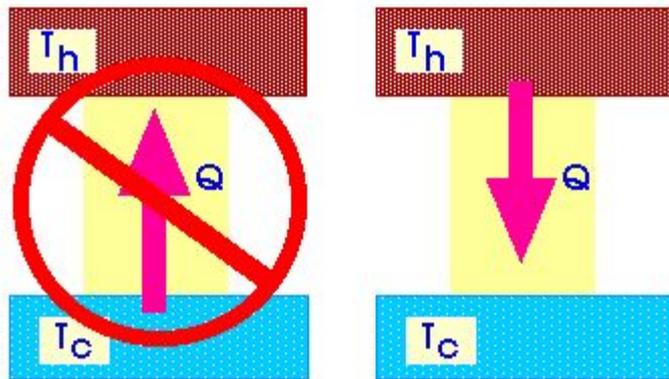
Энергия может только переходить из одной формы в другую, но не может возникать или исчезать.



Второе начало термодинамики

несколько эквивалентных формулировок

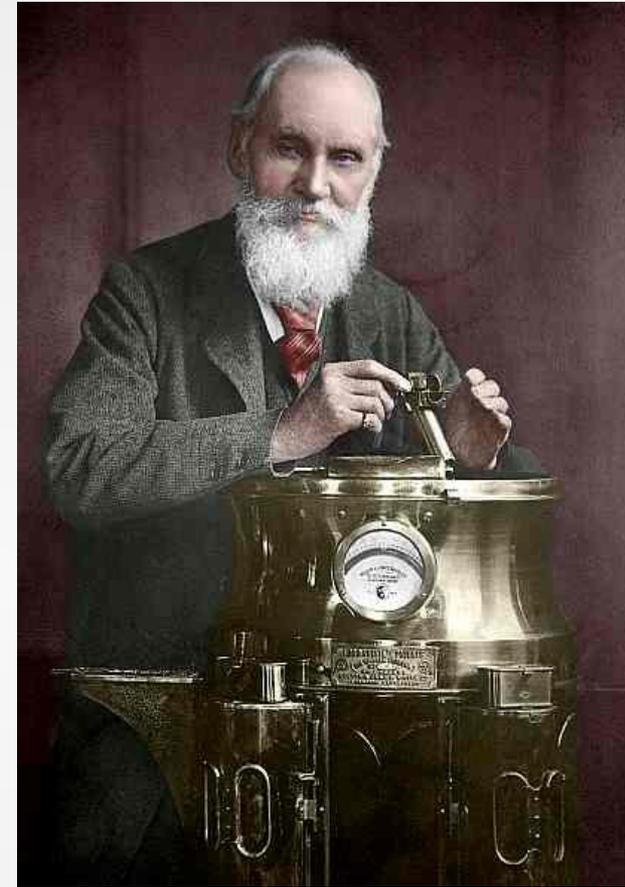
1. Теплота не может переходить от холодного тела к горячему.



Рудольф Клаузиус
(1822-1888)
немецкий физик

Второе начало термодинамики

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



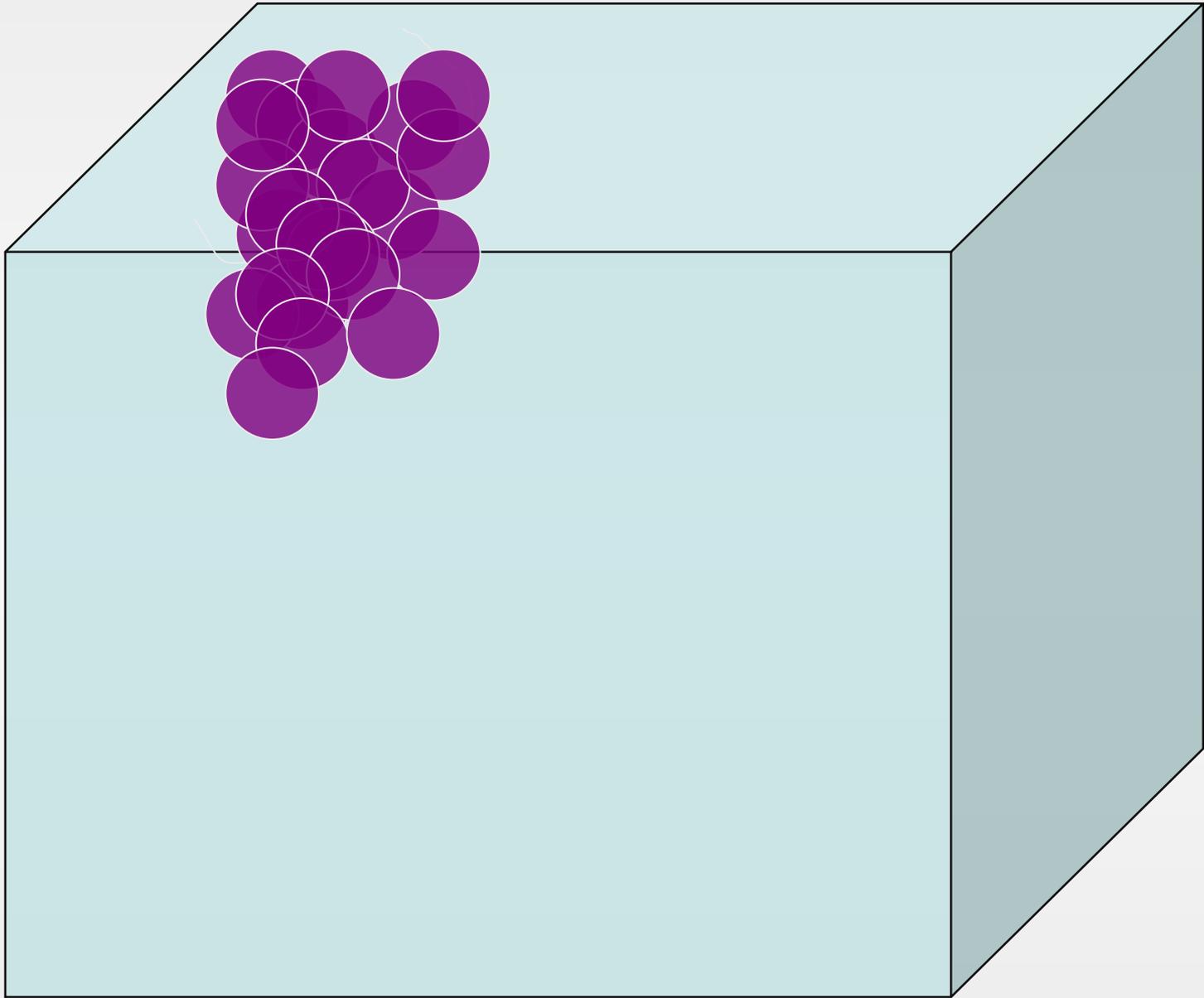
Уильям Томсон,
лорд Кельвин
(1824-1907)
англ. физик

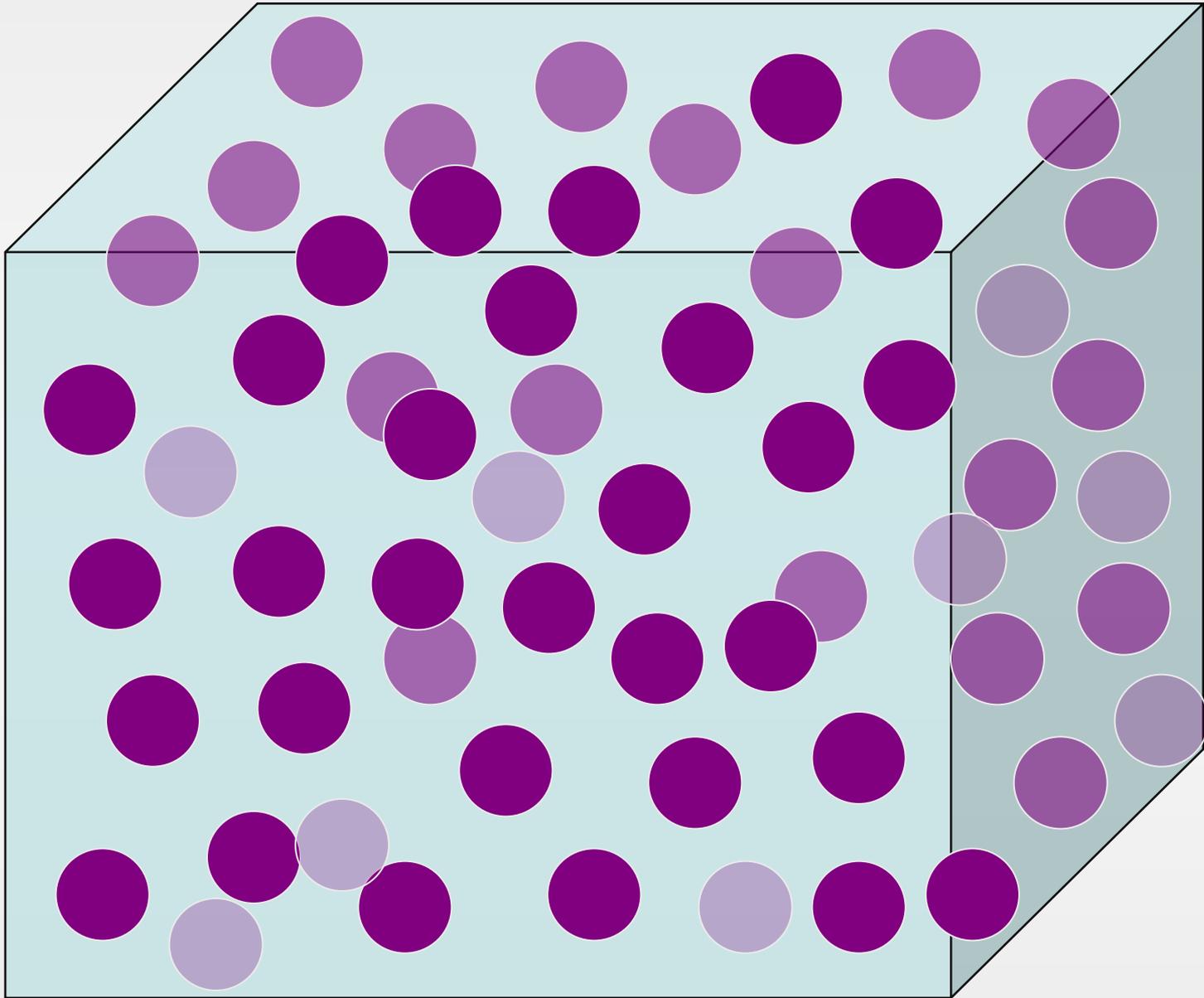
Энтропия – мера беспорядка системы, состоящей из многих элементов.

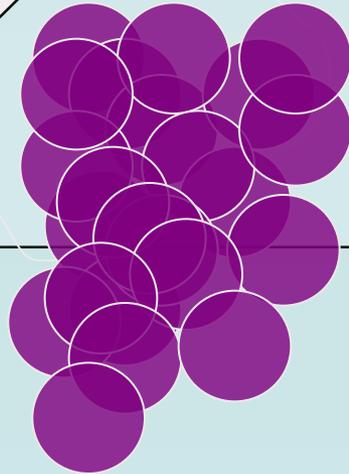
Больше энтропия  Больше хаоса

3. Закон возрастания **энтропии**:

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



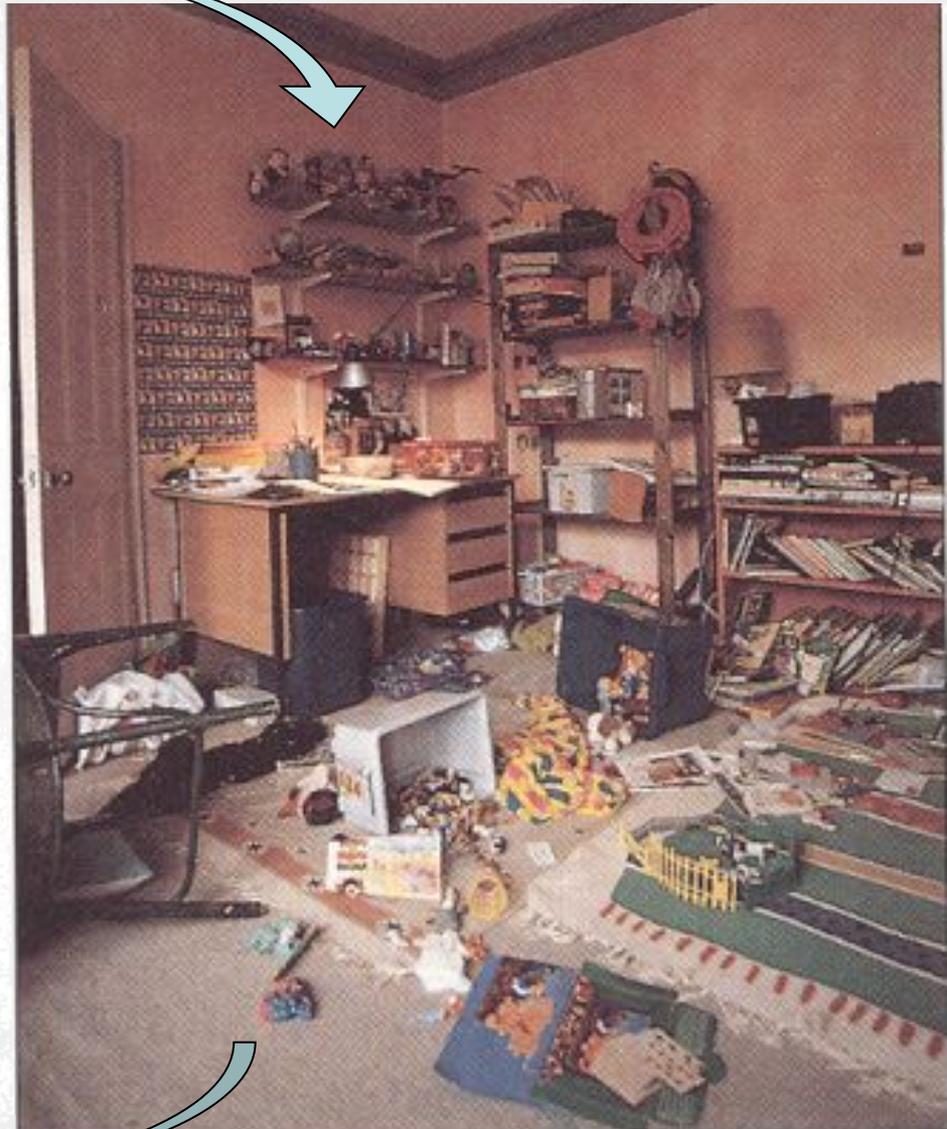
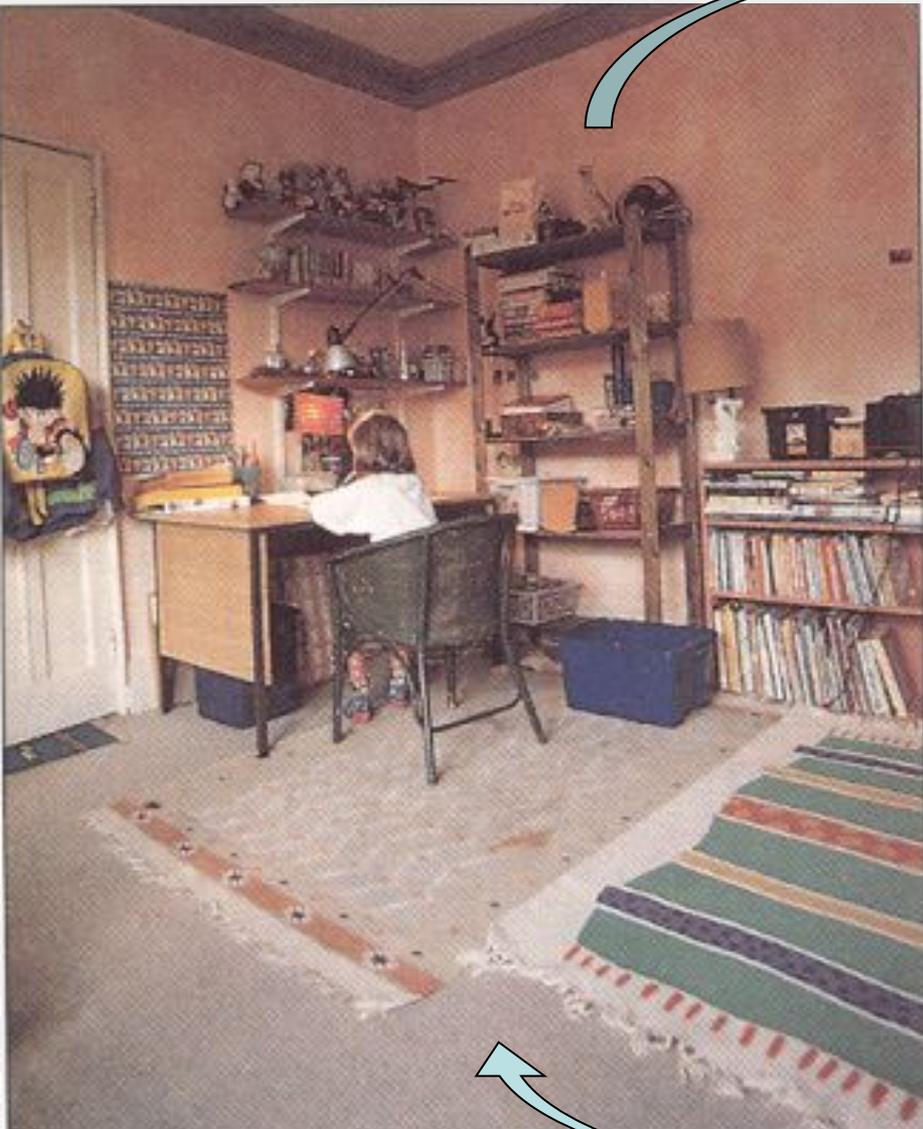




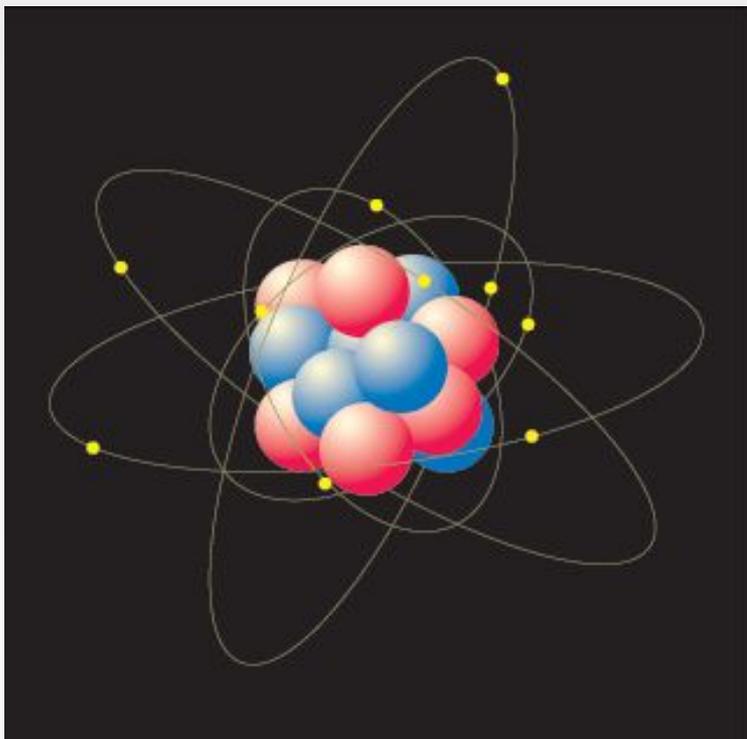
При таком поведении
молекул воздуха, в
аудитории уже бы никого
не осталось.

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

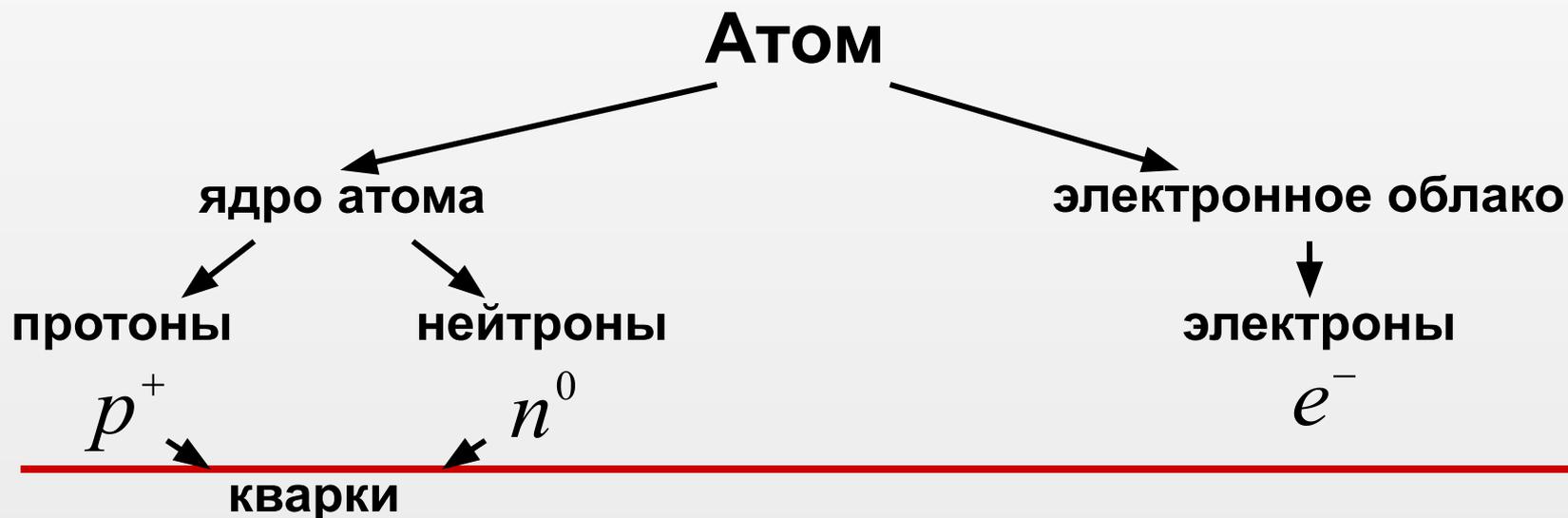
Изменение системы со временем



Создание порядка требует затрат энергии



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



Фундаментальные взаимодействия

- гравитационное
- слабое
- электромагнитное
- сильное



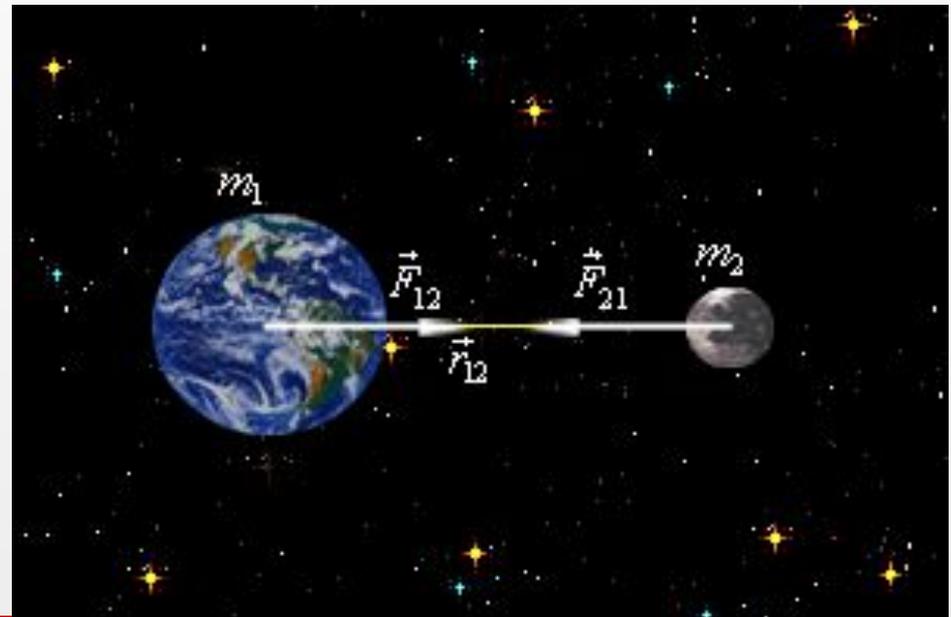
Гравитационное взаимодействие

Гравитация – взаимное притяжение тел.

Дальнодействующее взаимодействие.

Подвержены **все** частицы.

В **мегамире** гравитация является определяющей.



Слабое взаимодействие

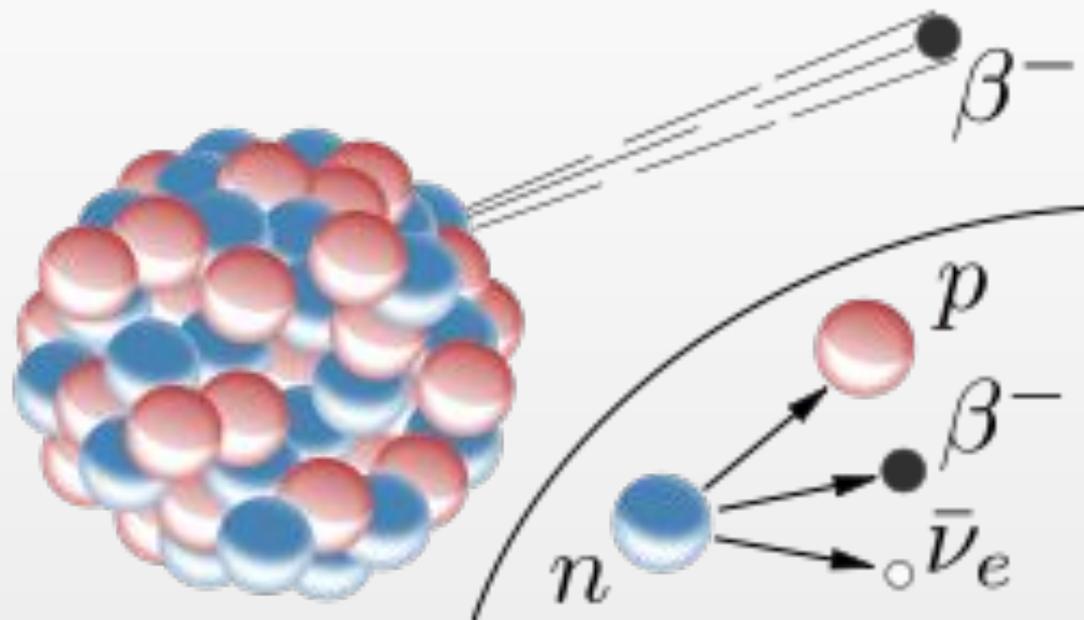
Ответственно, в частности, за бета-распад.

Короткодействующее взаимодействие.

Подвержены все частицы.

Бета-распад
нейтрона)

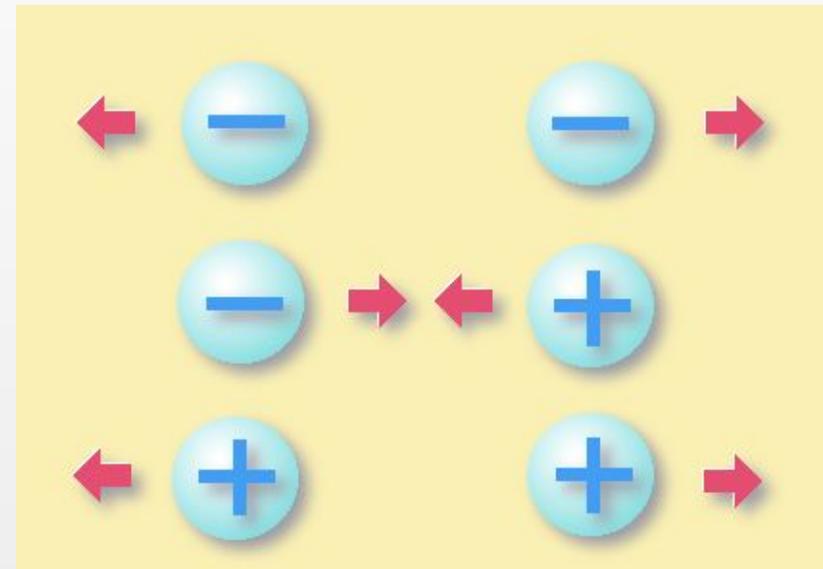
(распад



Электромагнитное взаимодействие

Дальнодействующее взаимодействие.

Существует между частицами, обладающими электрическим зарядом.



Сильное взаимодействие (ядерное взаимодействие)

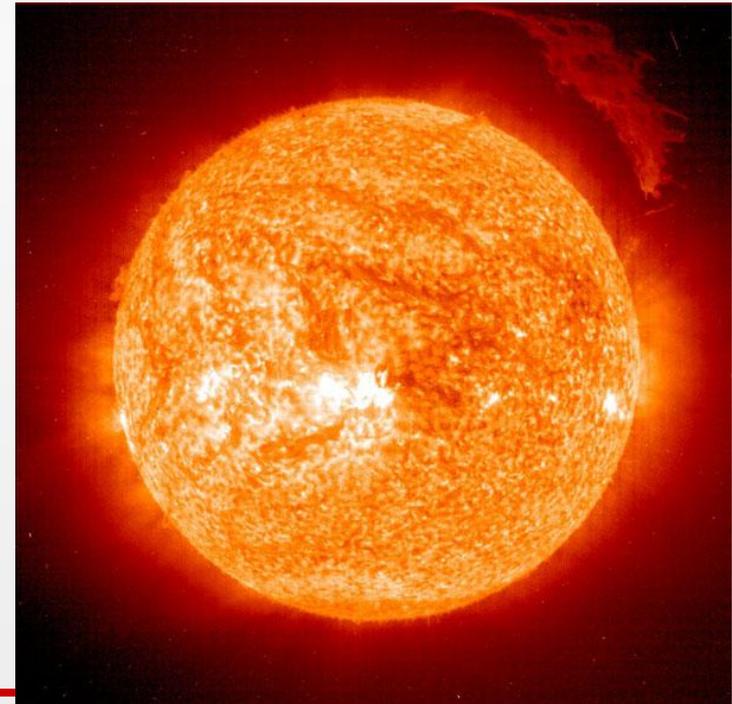
Ответственно за притяжение между нуклонами в ядрах и между кварками в нуклонах.

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

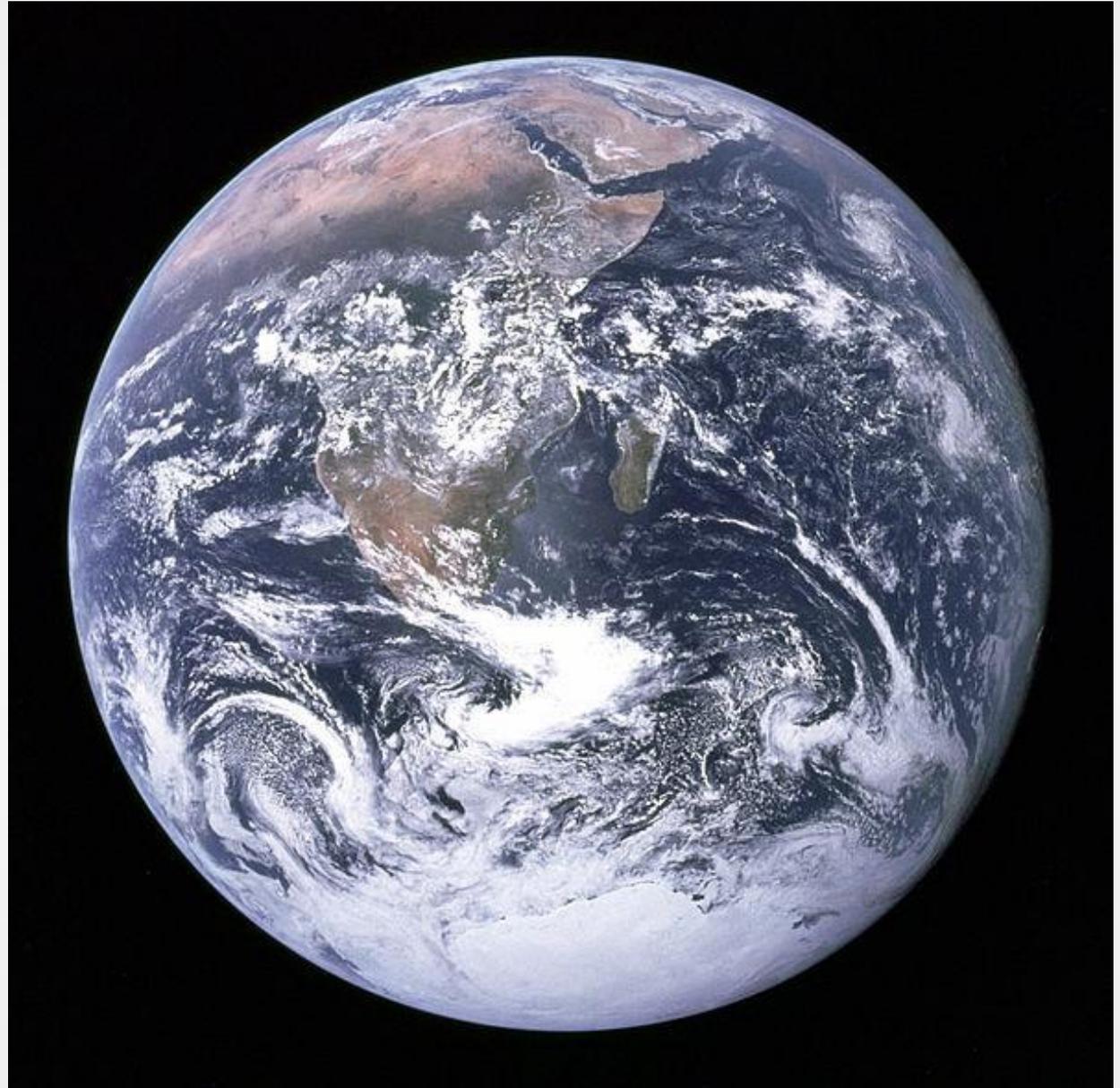
Земля



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.

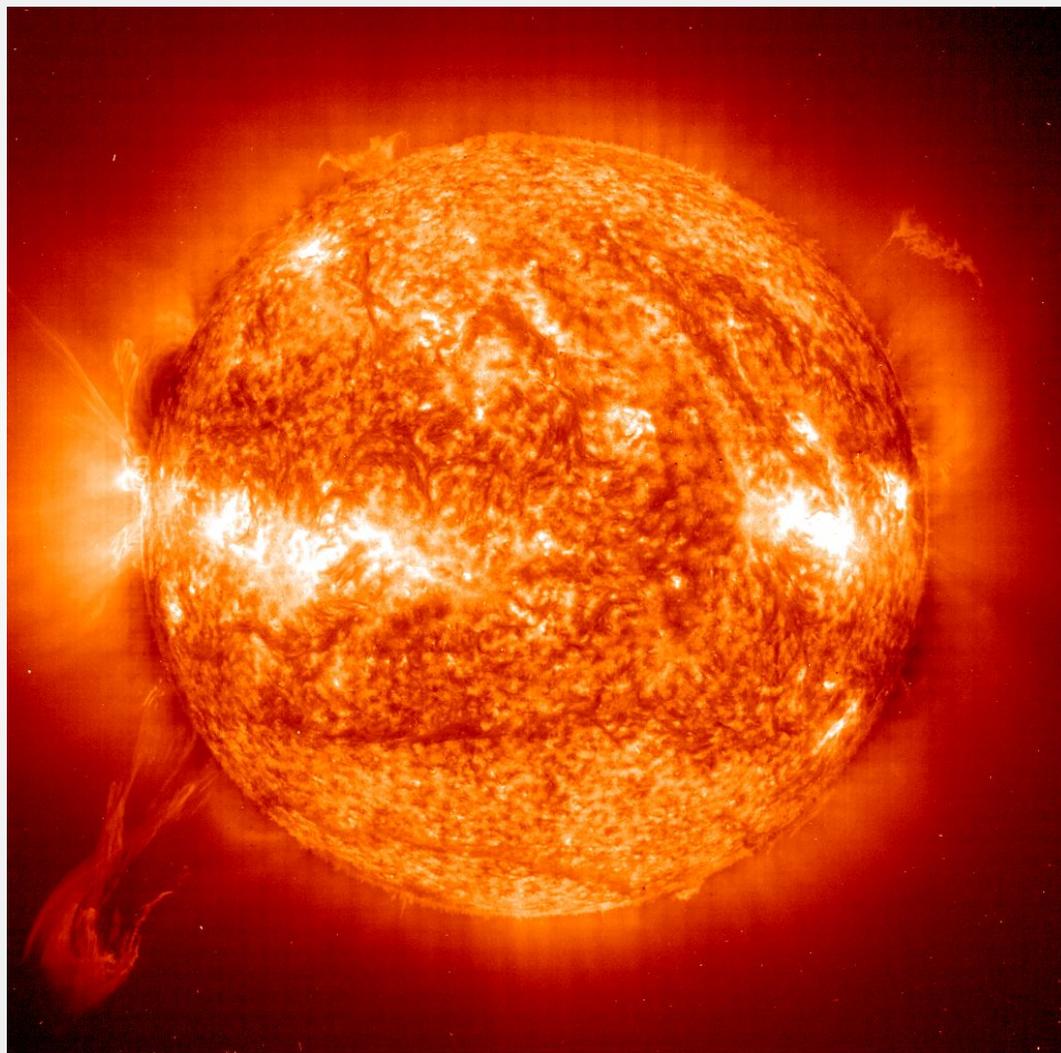


Сидерический период – 27.32 дней

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



Солнце

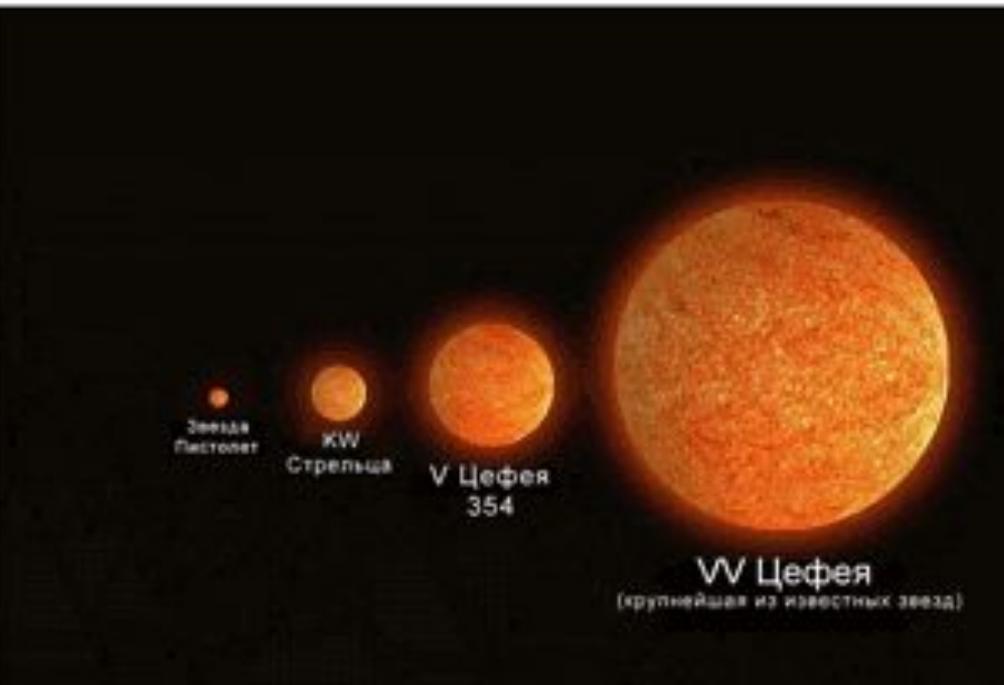
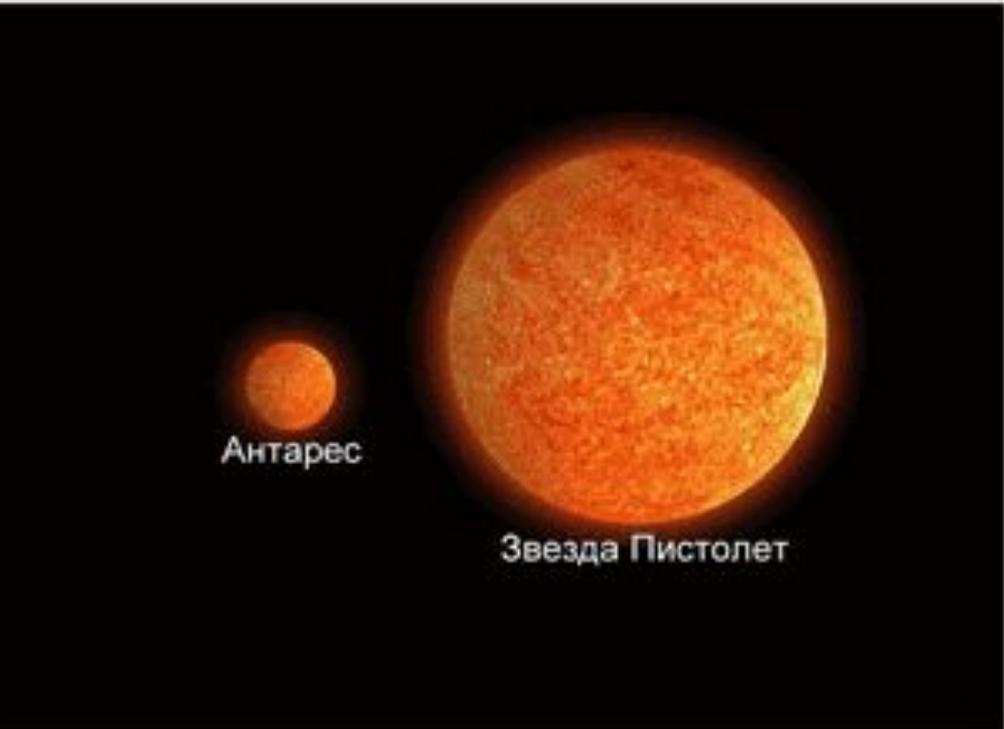
Поллукс

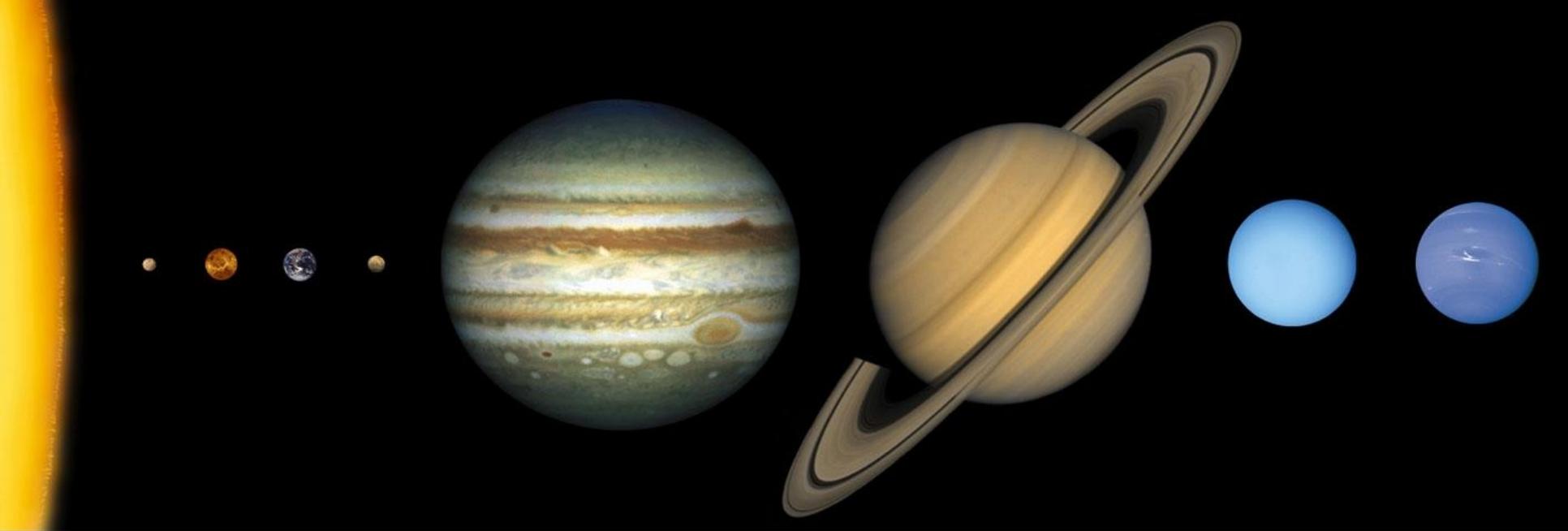
Сирiuс

Арктур

Ригель

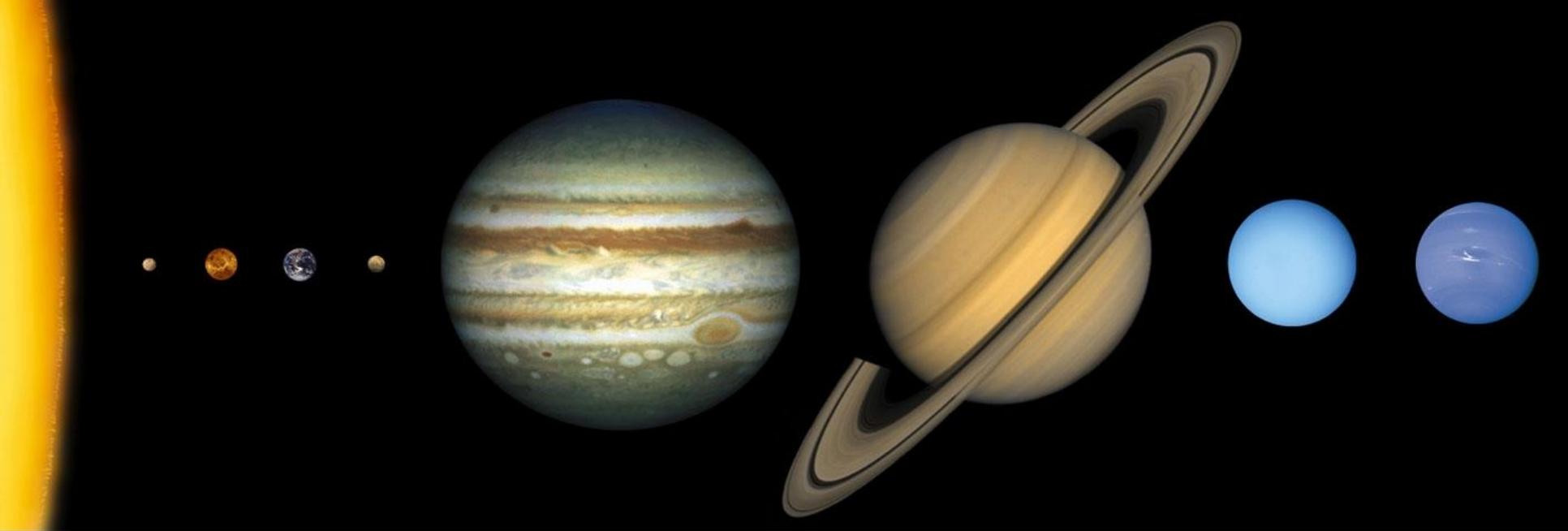
Альдебаран





- 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)

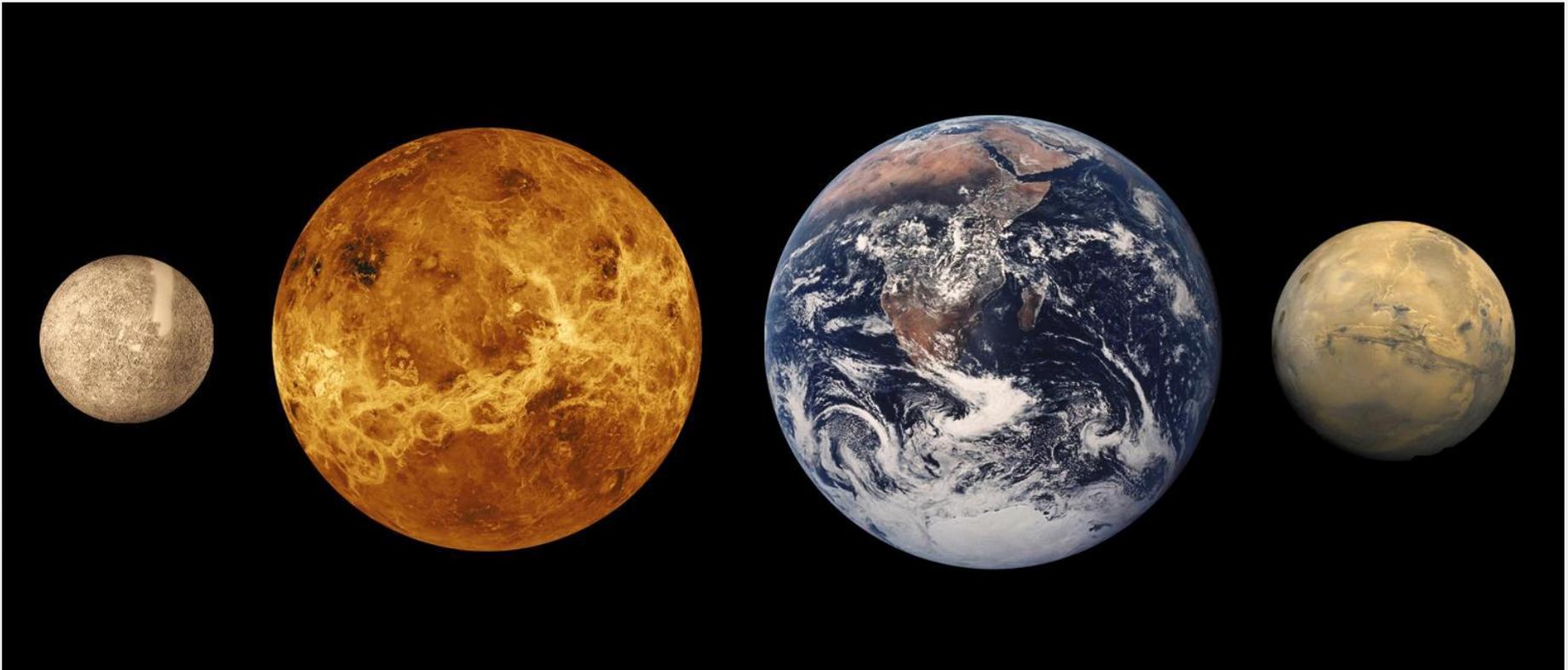
Планеты земной группы

Меркурий

Венера

Земля

Марс



Фобос и Деймос – естественные спутники Марса



Фобос
(страх)



Деймос
(ужас)

1877 год

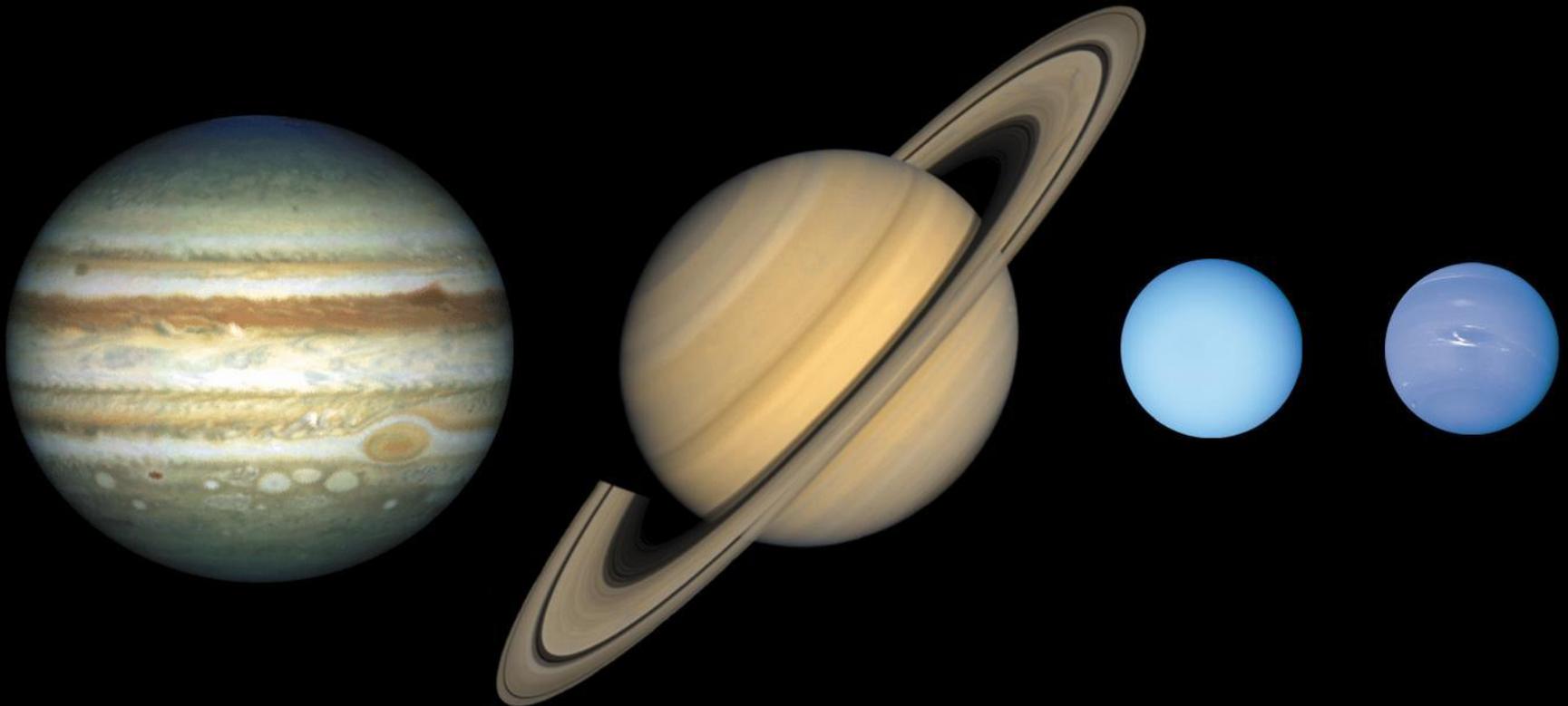
Планеты-гиганты (Газовые гиганты)

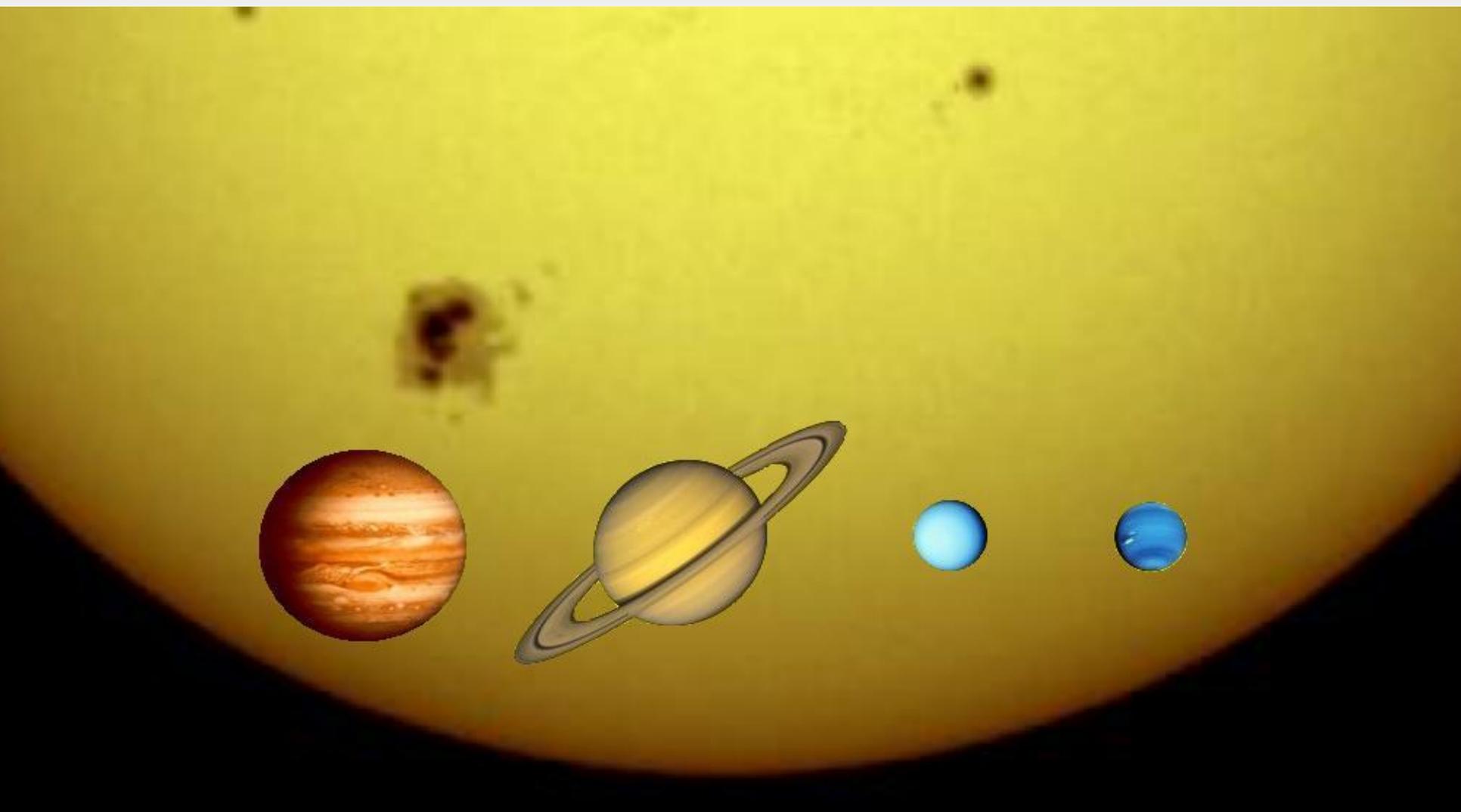
Юпитер

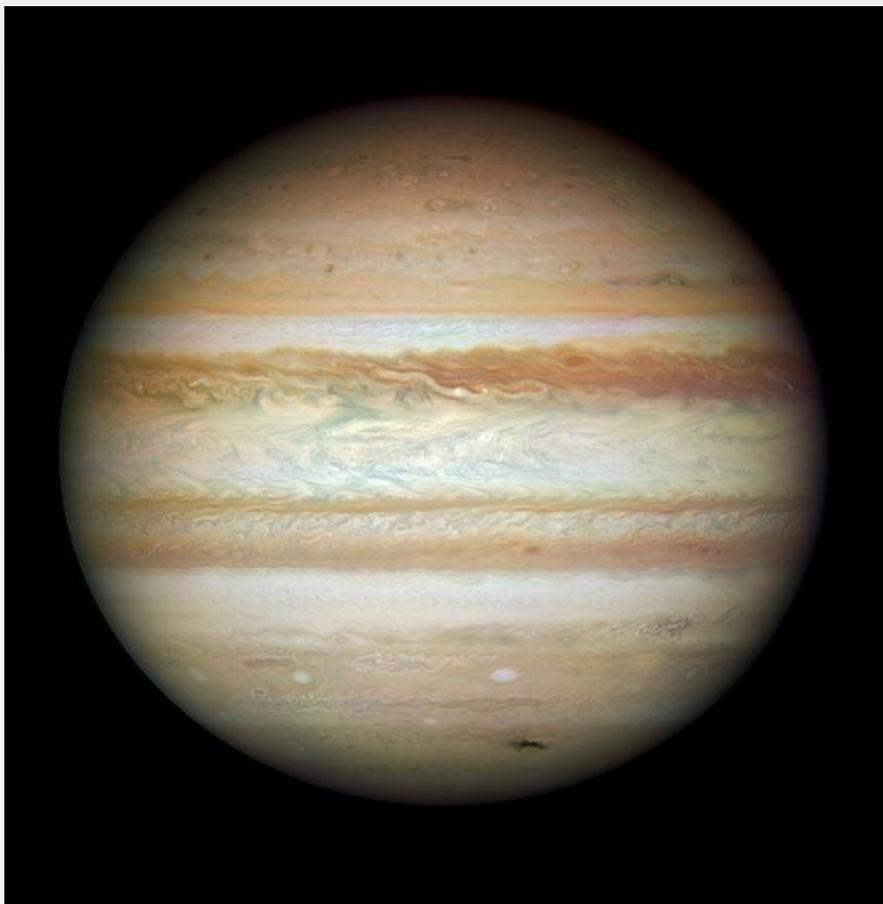
Сатурн

Уран

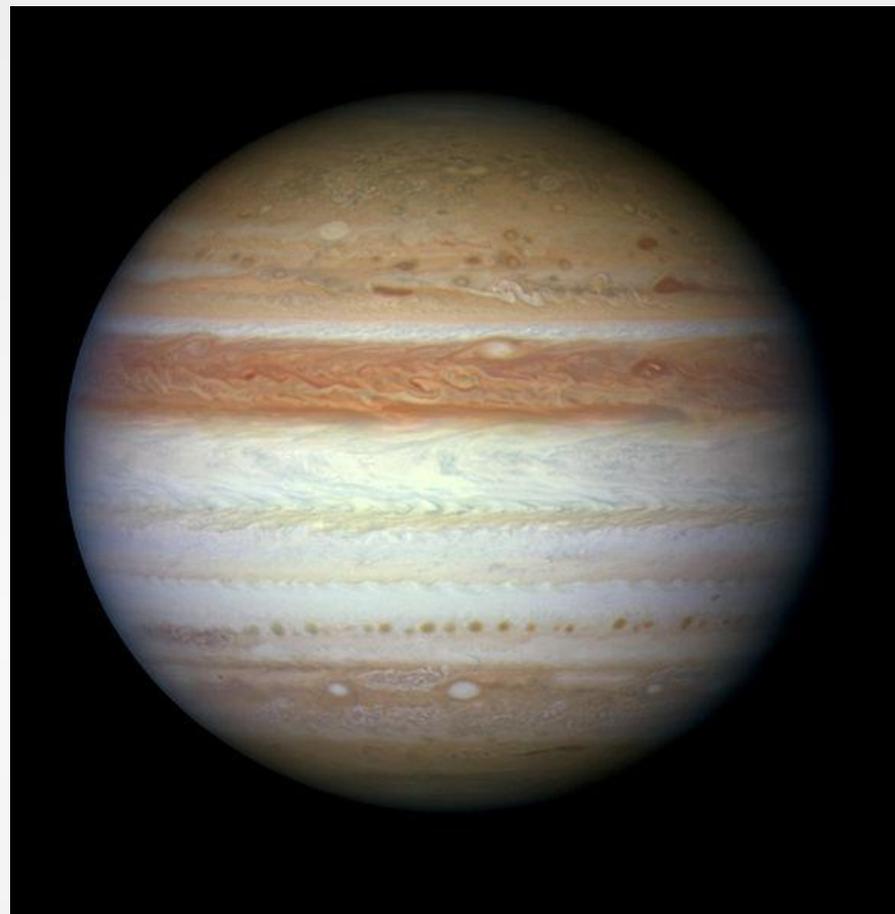
Нептун







23 июля 2009 год



7 июня 2010 год

Полосы движутся с разной скоростью.

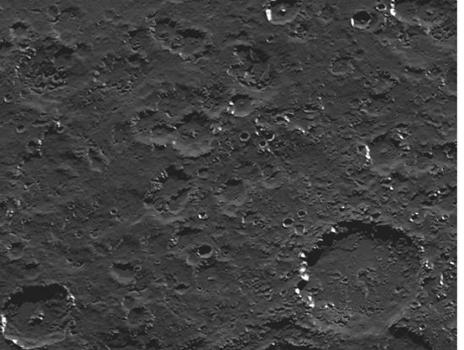
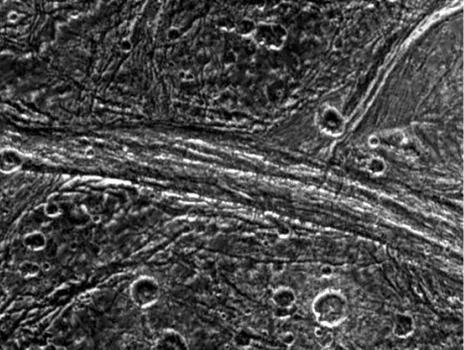
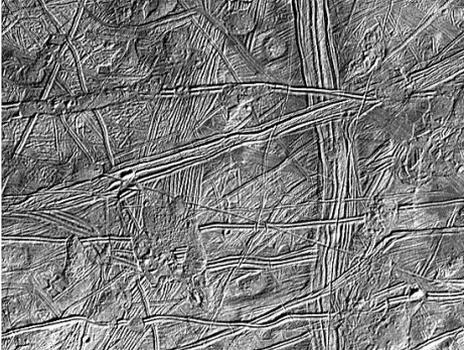
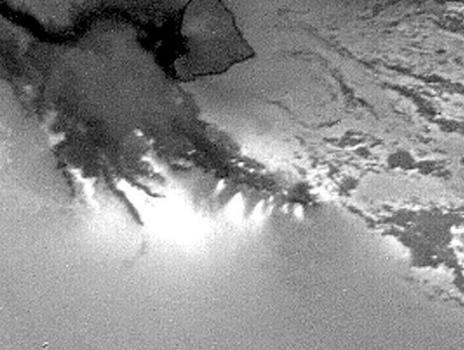
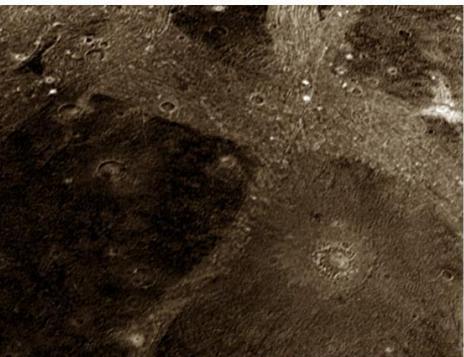
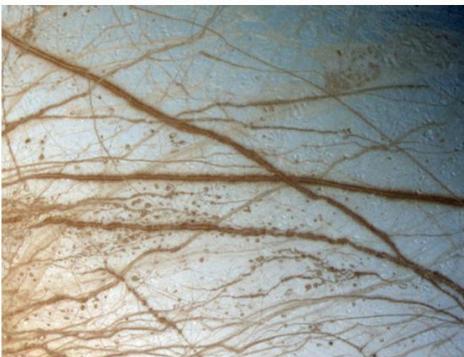
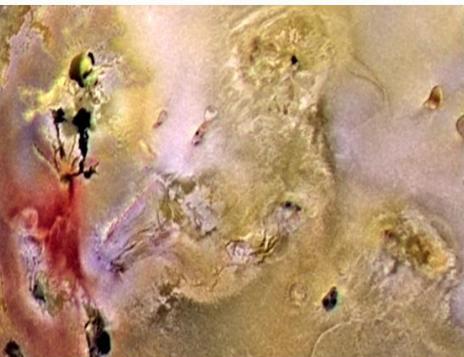
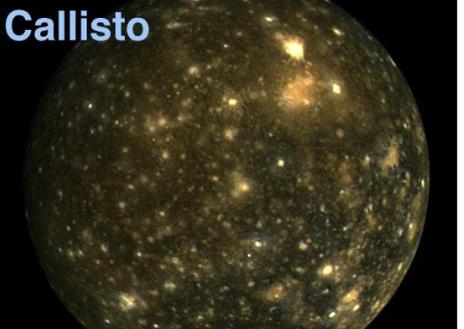
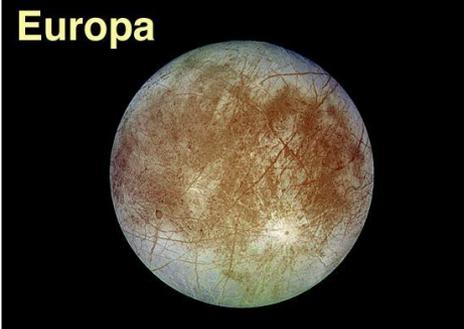
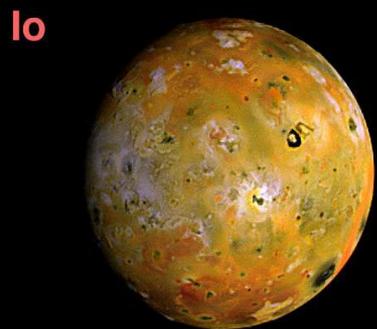
Спутники Юпитера (63)

Ио

Европа

Ганимед

Каллисто





Ío

Europa



Calisto



Ganimesdes

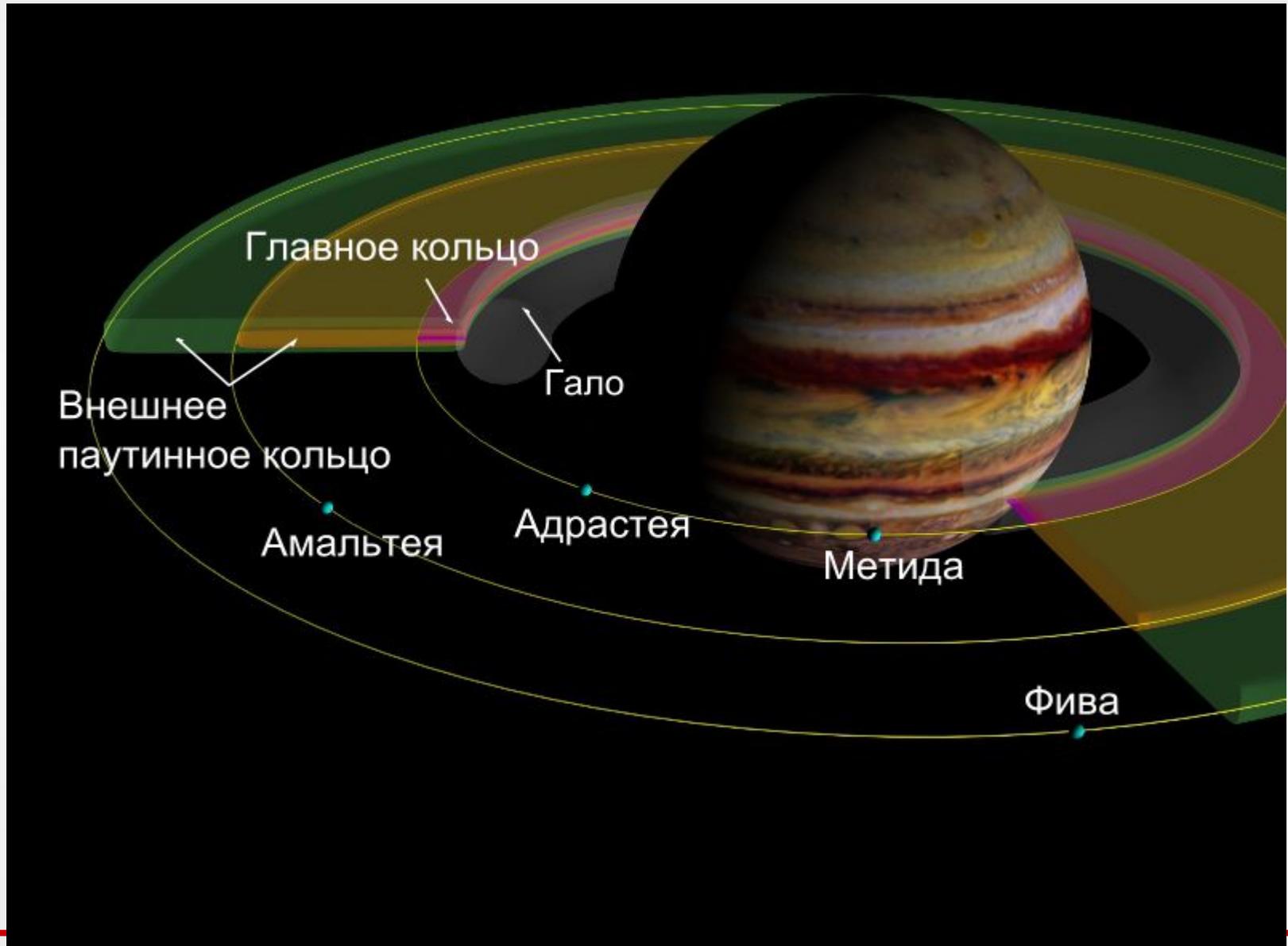


Tierra

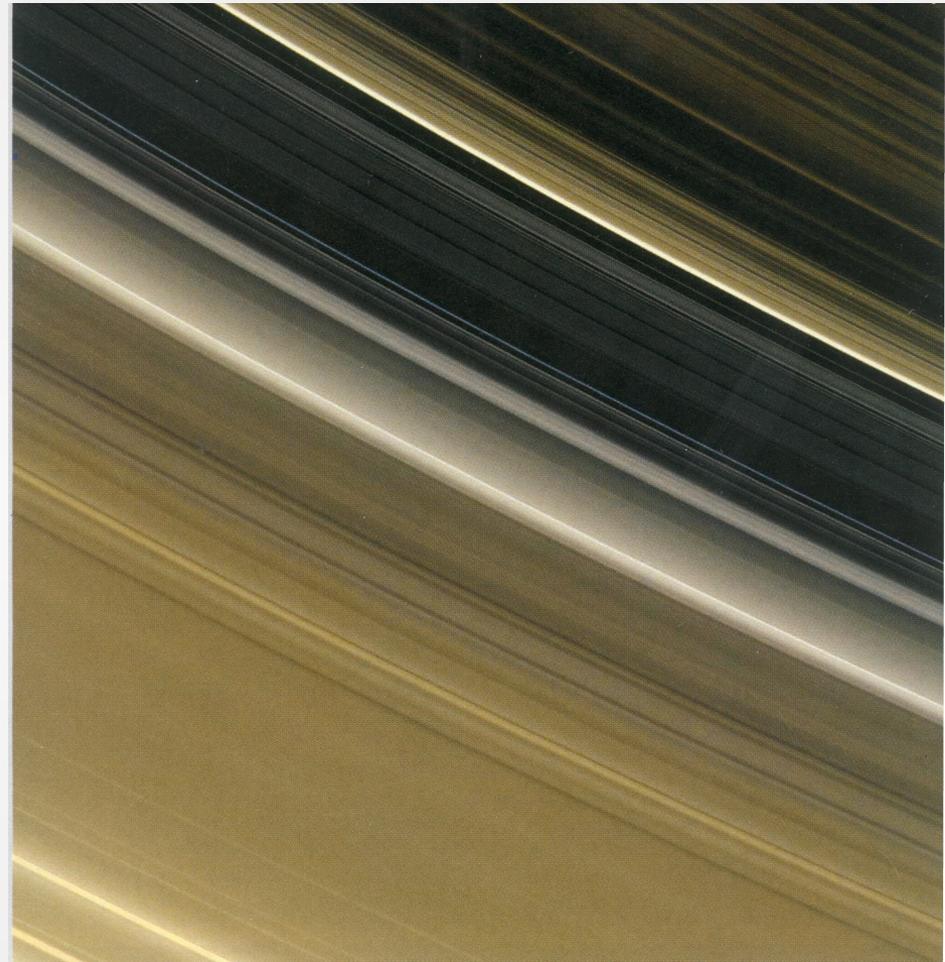
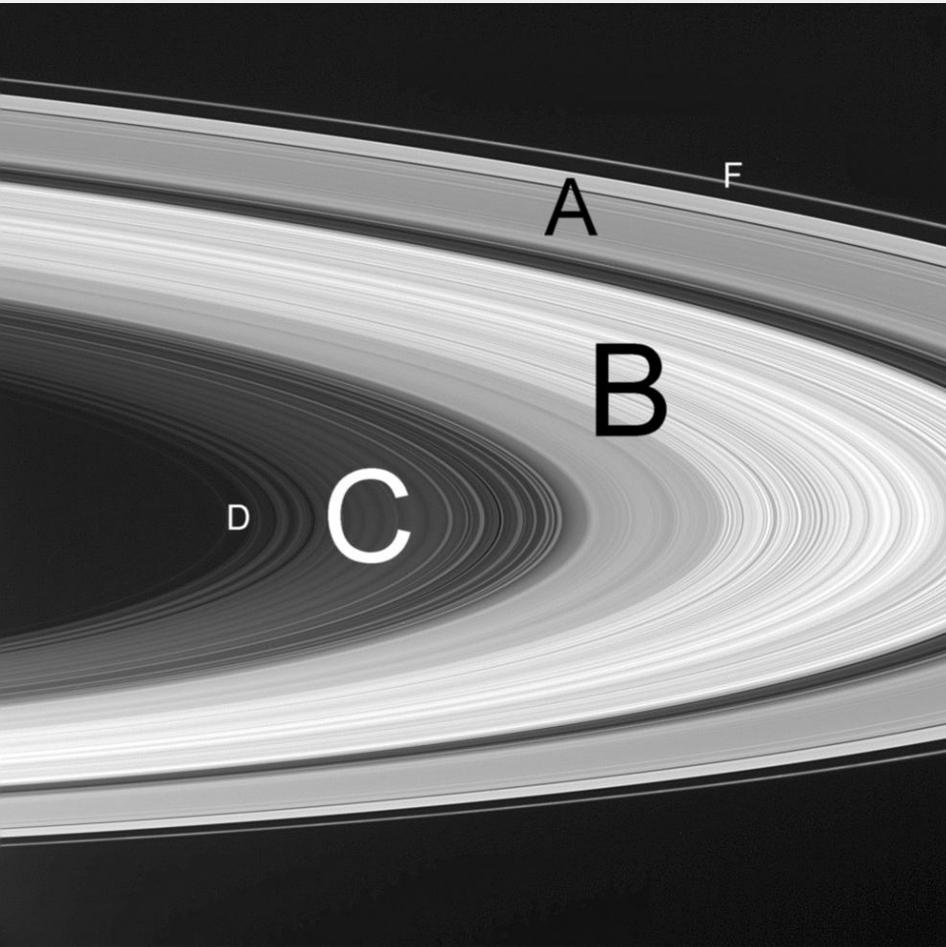


Luna

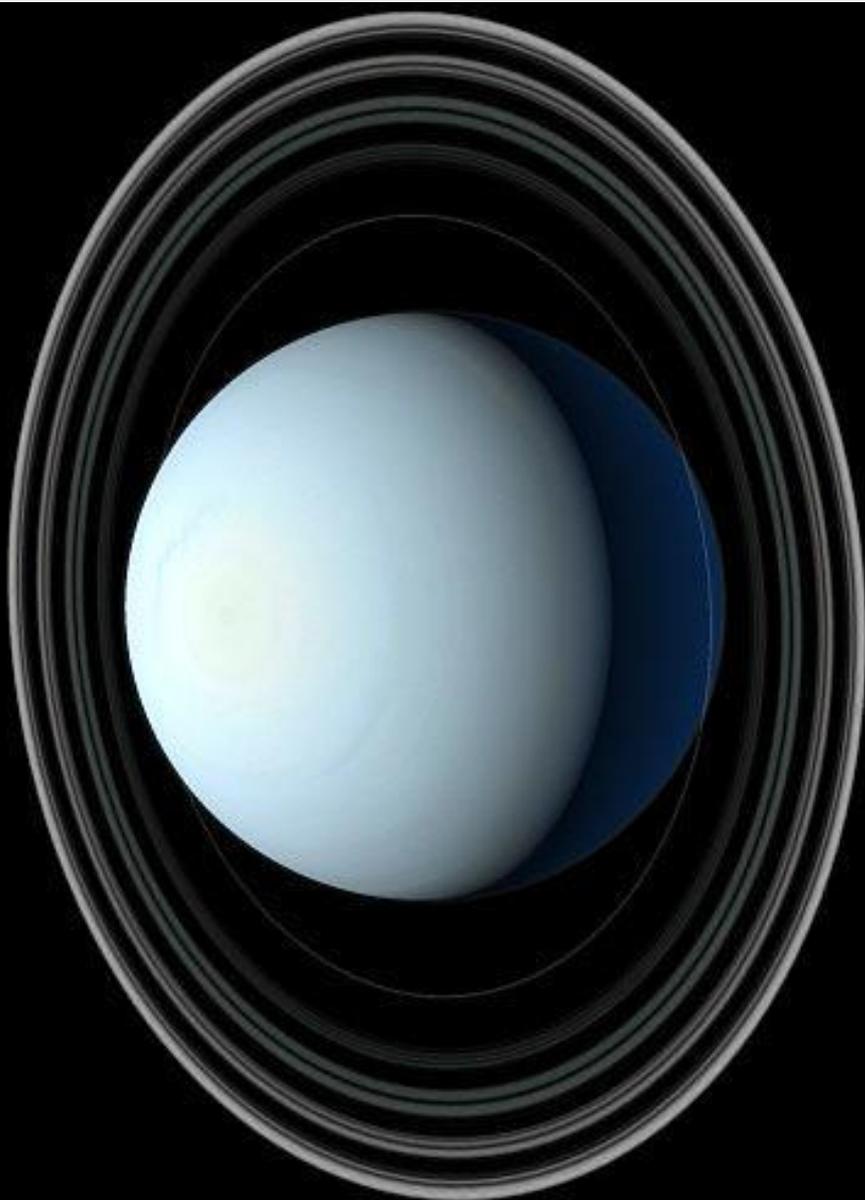
Кольца Юпитера



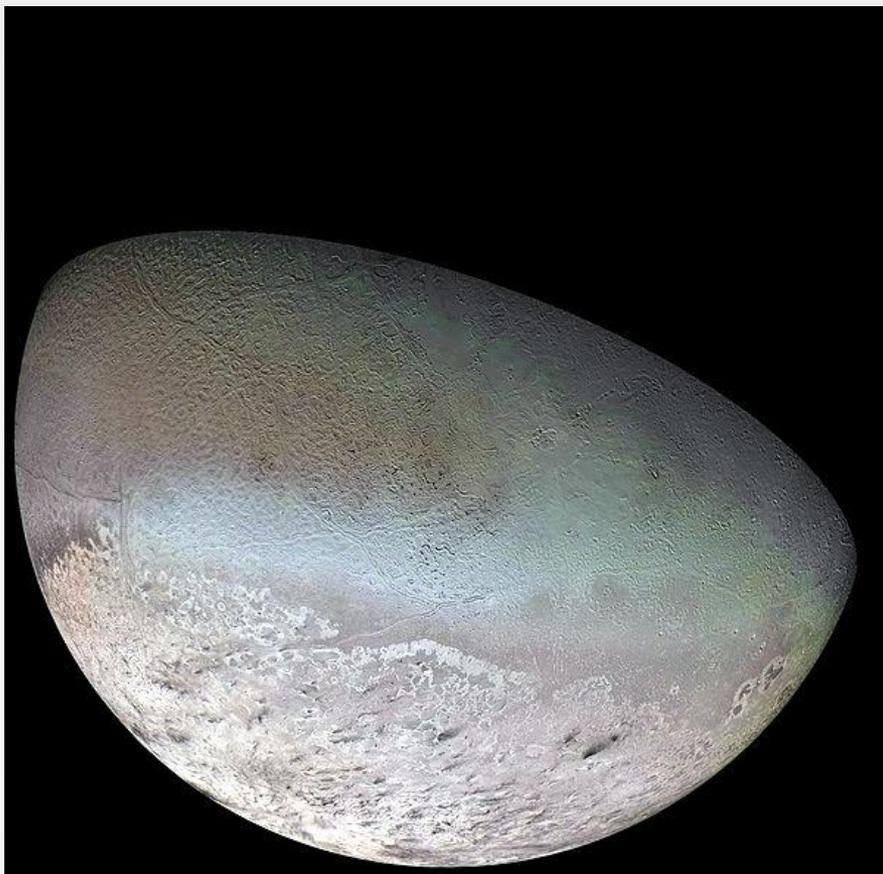
Кольца Сатурна



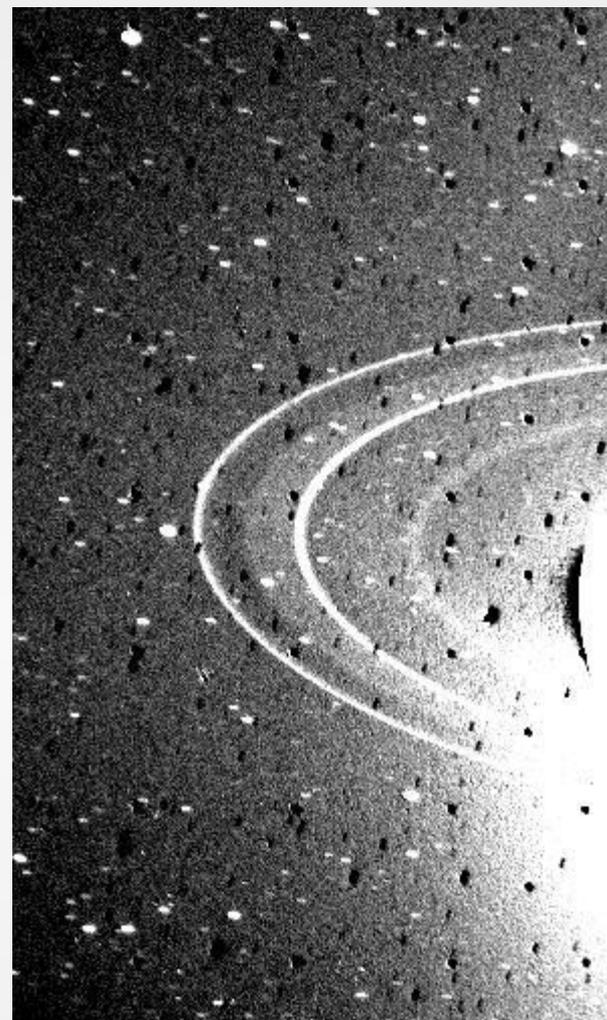
Уран вращается лежа на боку.



Кольца Урана



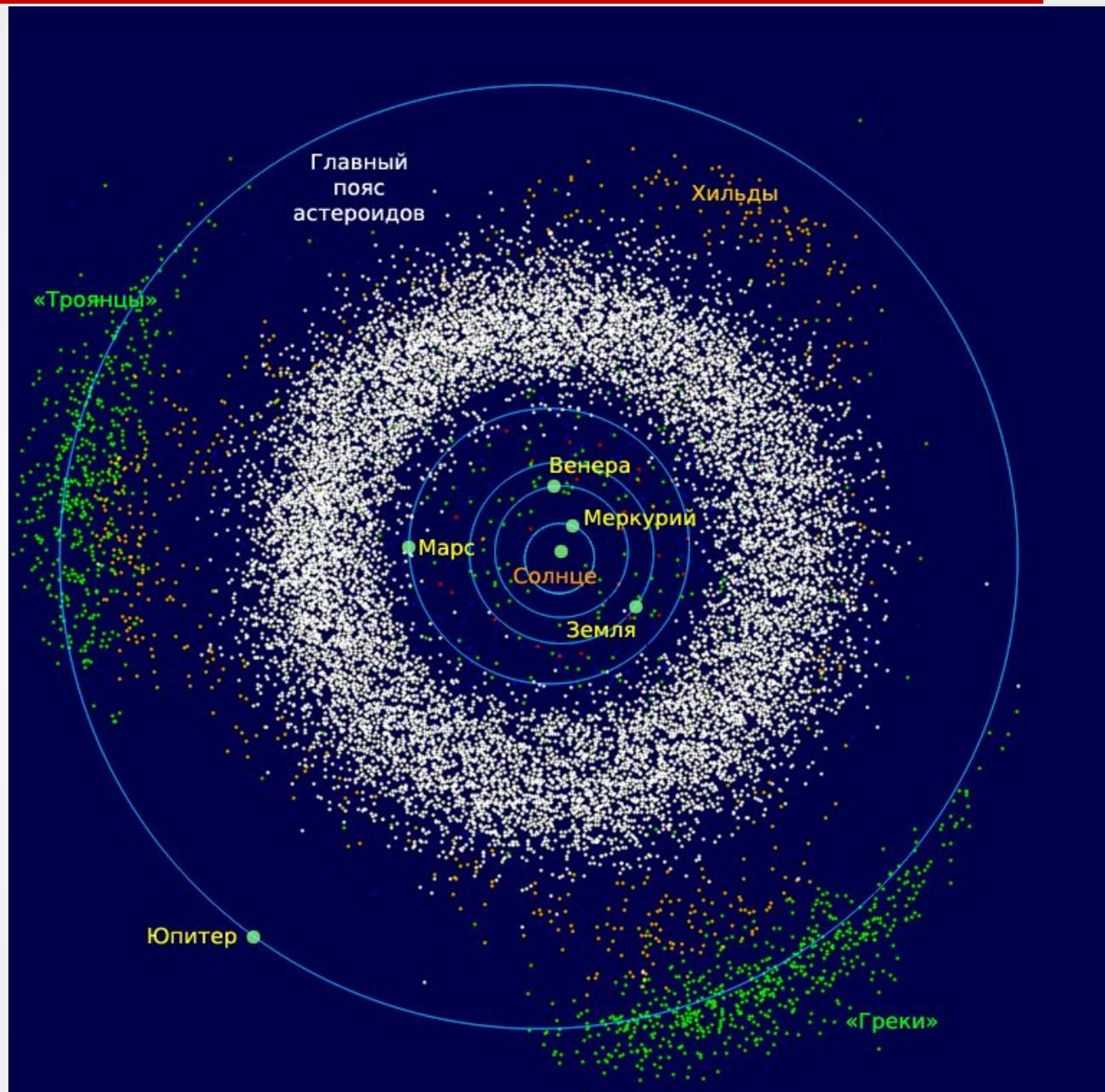
Тритон – самый крупный
спутник Нептуна



Кольца Нептуна

Астероиды

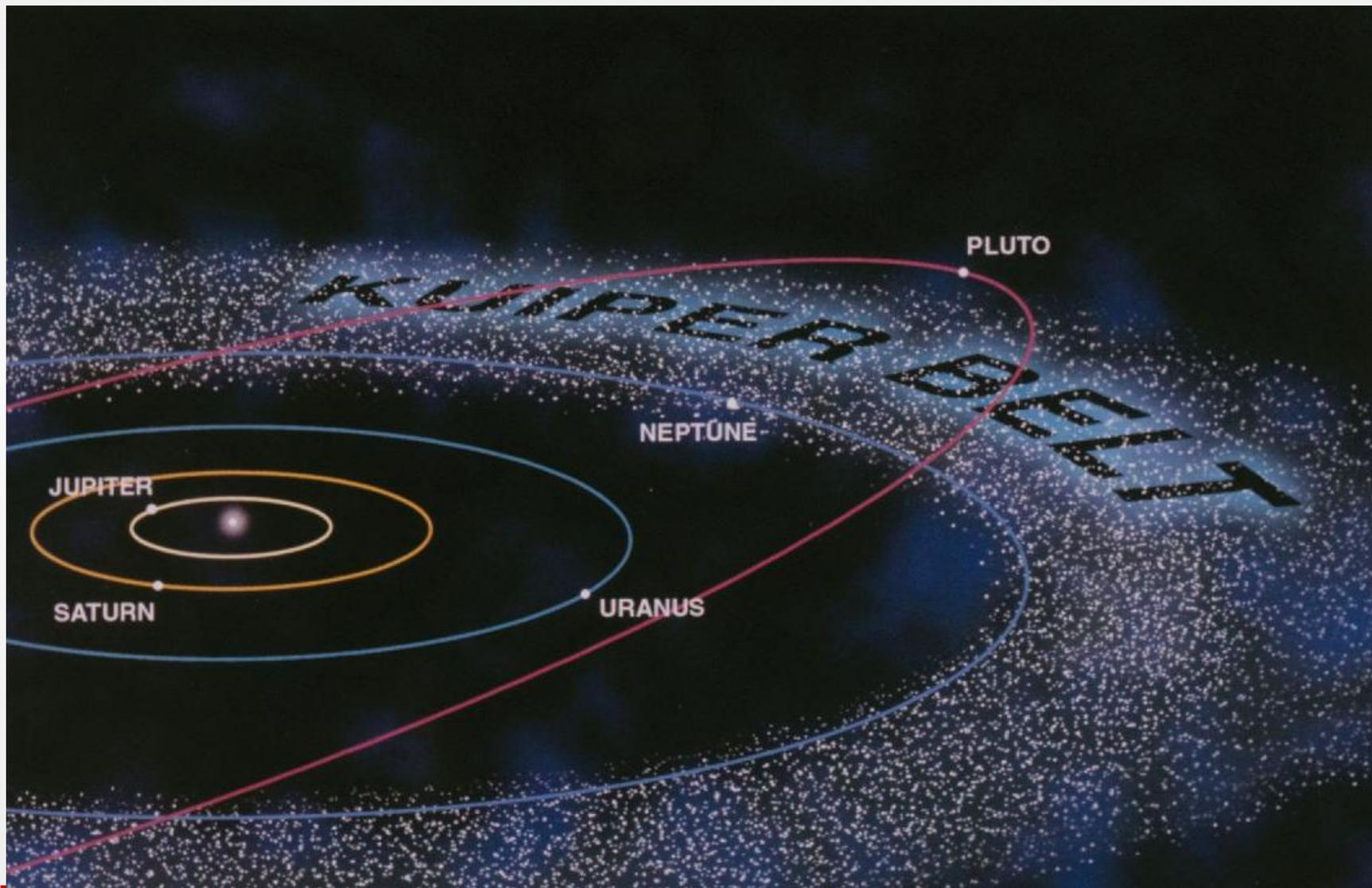
460 271 объект



Главный пояс астероидов

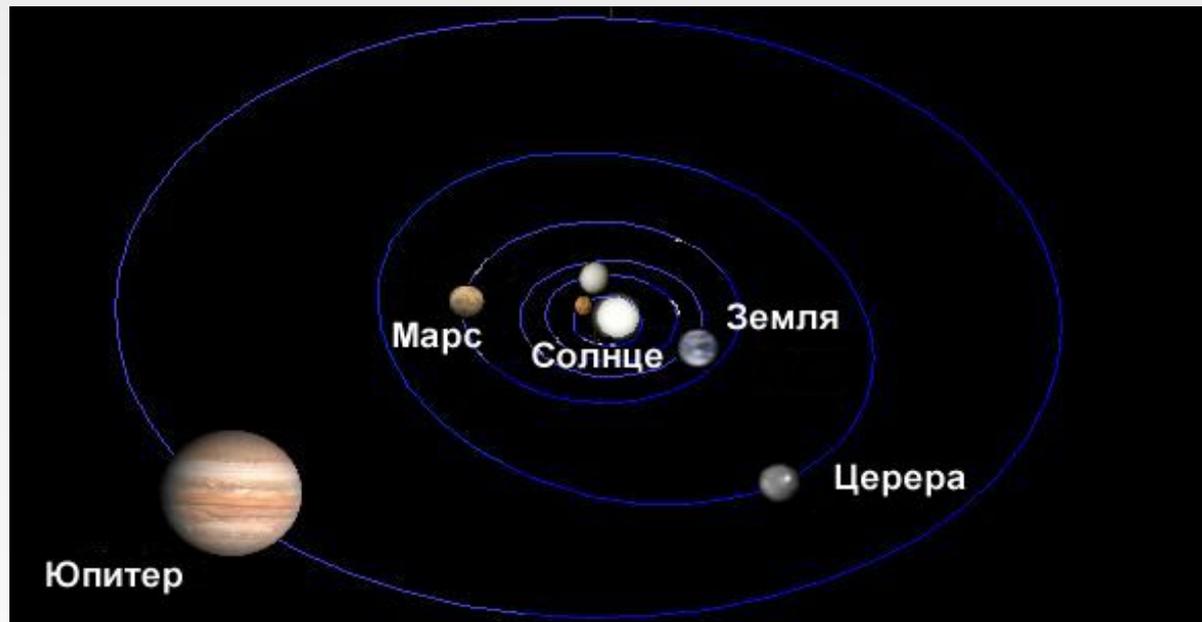
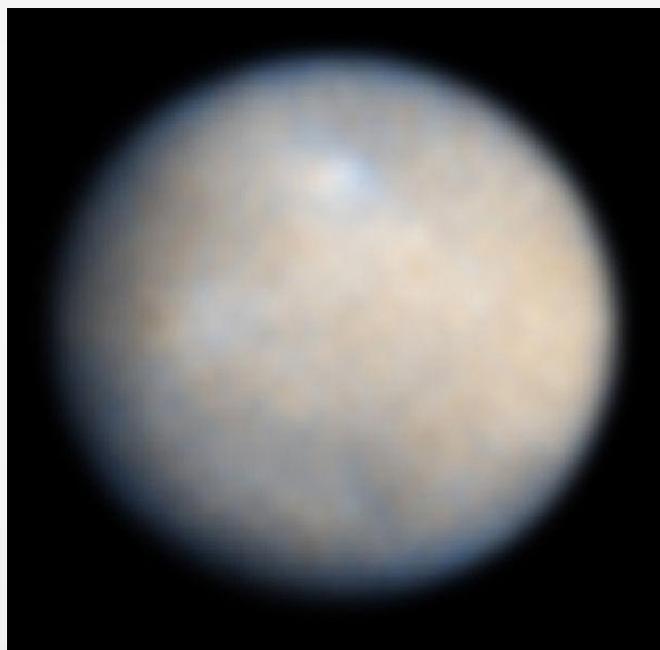
Астероиды

пояс Койпера



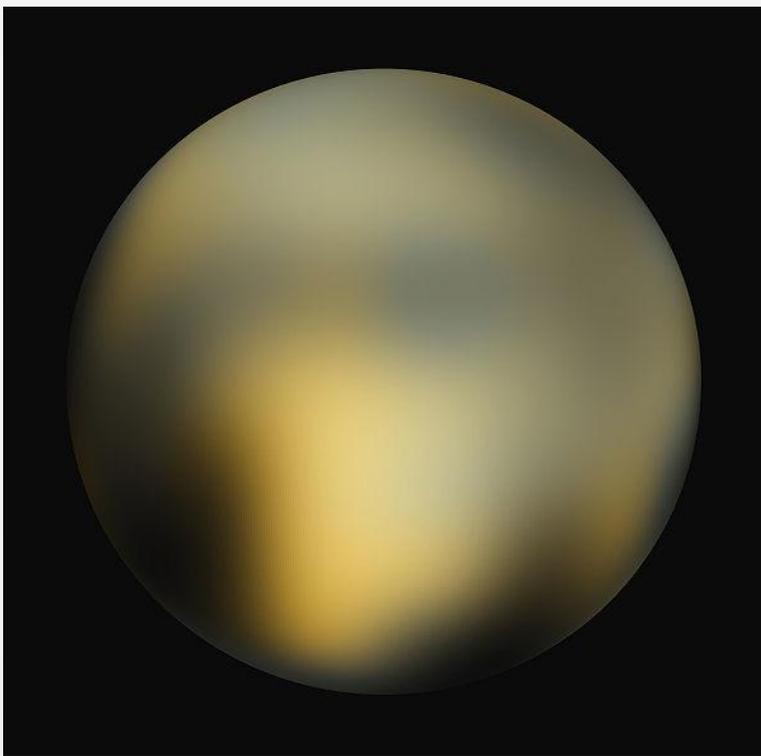
Карликовые планеты

Церера ♀
(главный пояс
астероидов)



Карликовые планеты

Плутон ♇ + Харон
(пояс Койпера)



Карликовые планеты

Хаумеа

(пояс Койпера)

Макемаке

(пояс Койпера)

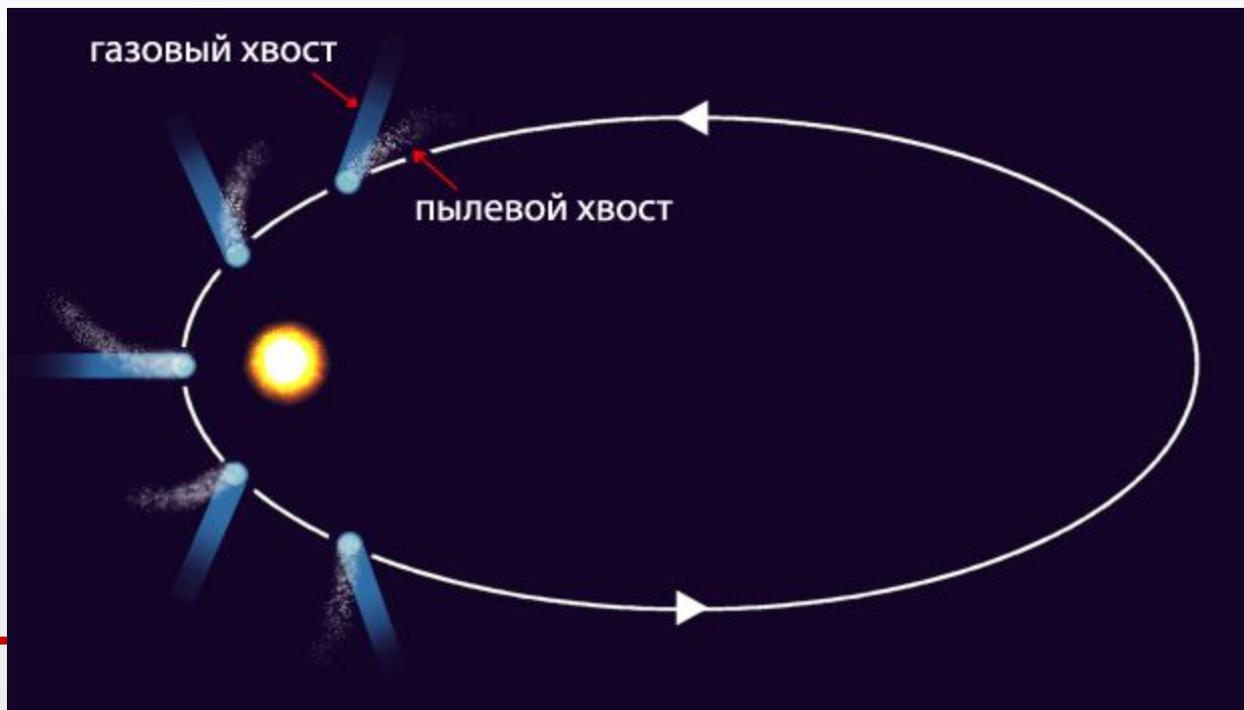
Эрида

(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**.



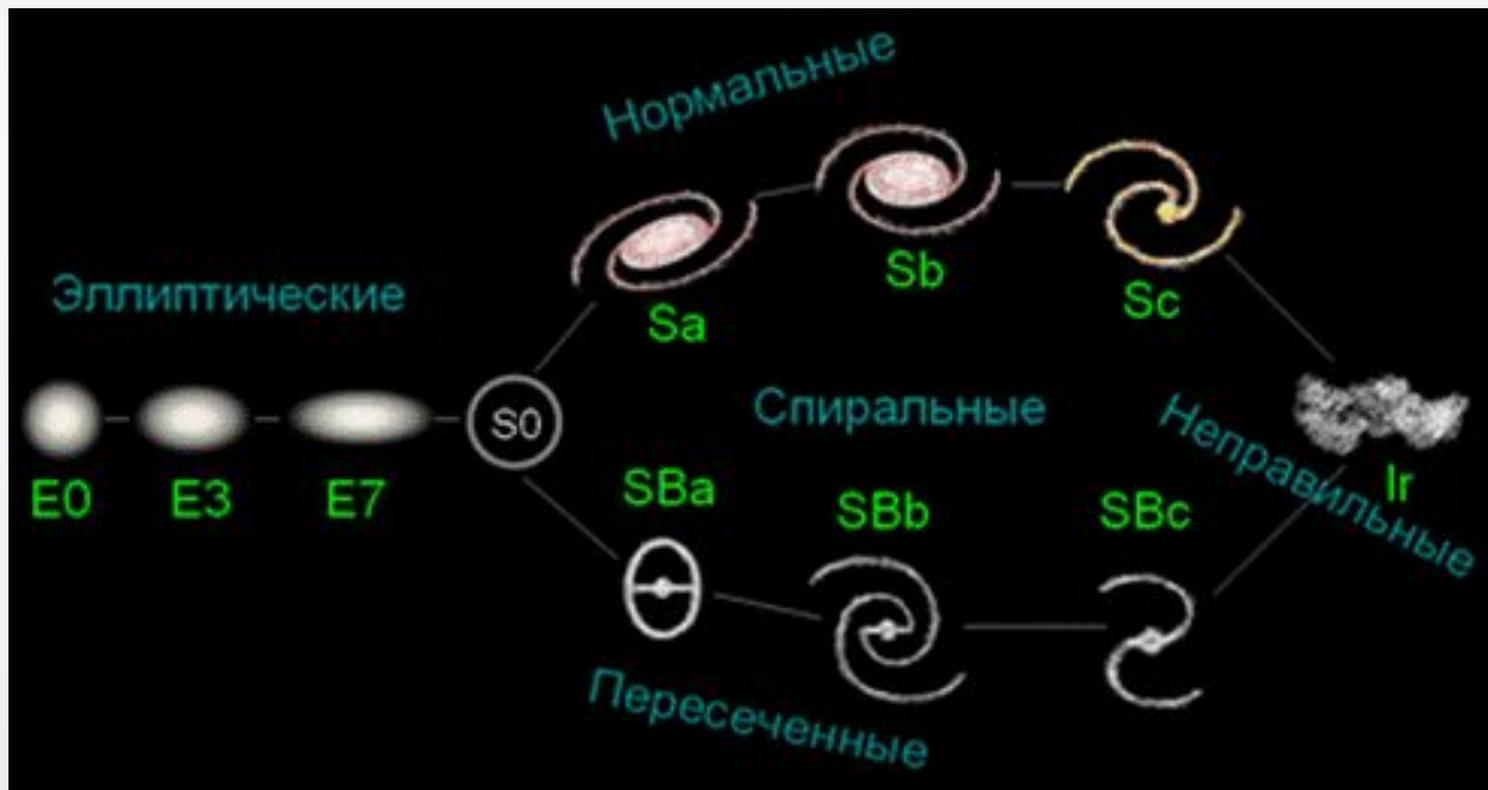
Галактика Андромеды или туманность Андромеды (M31)



Галактики – Большое и Малое Магеллановы Облака

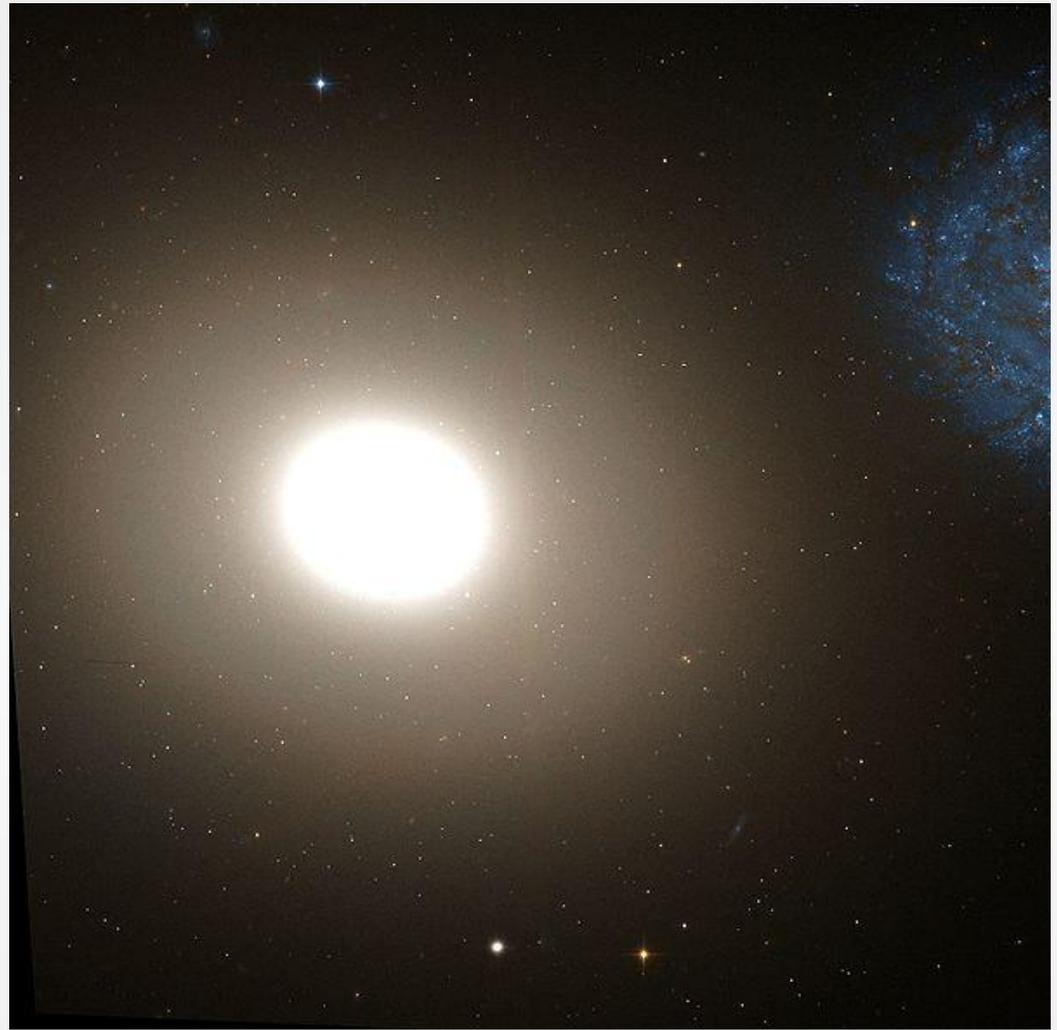
Галактики:

- эллиптические;
- спиральные;
- неправильные.





M60

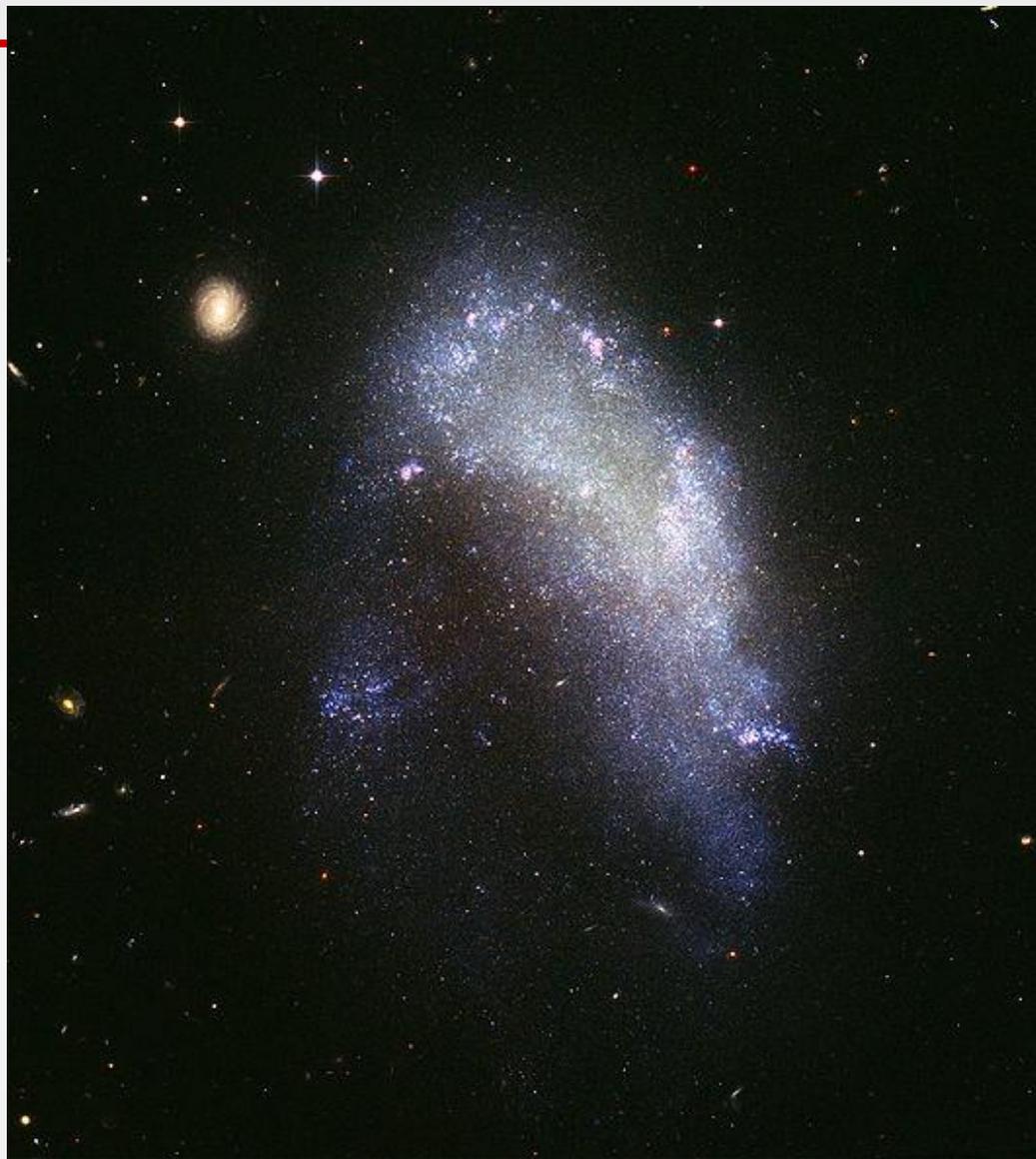


M49

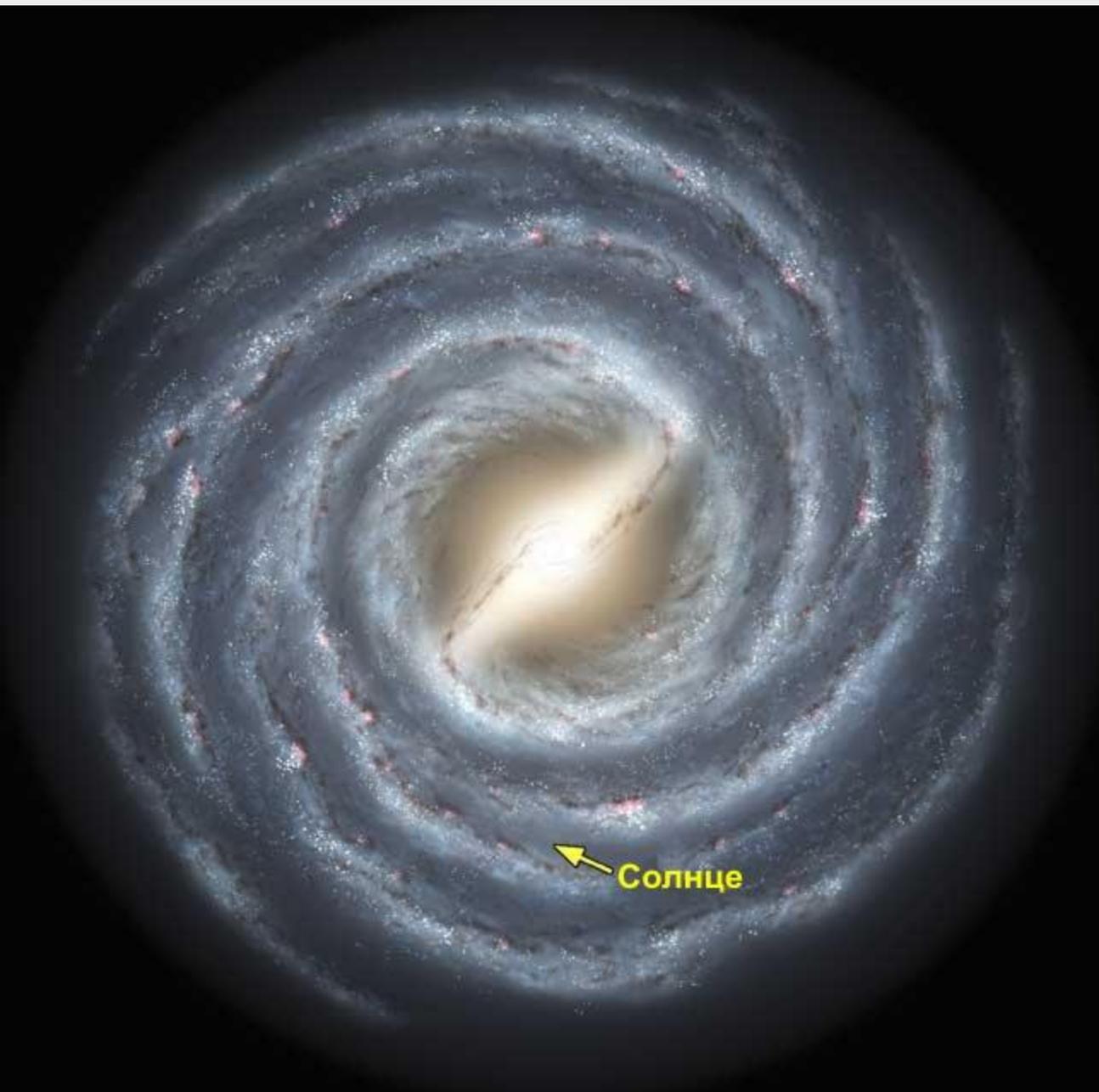
Эллиптические галактики (отсутствует звездообразование)



Пример спиральной галактики – галактика Вертушка



Пример неправильной галактики –
галактика NGC 1427A в созвездии Эридан

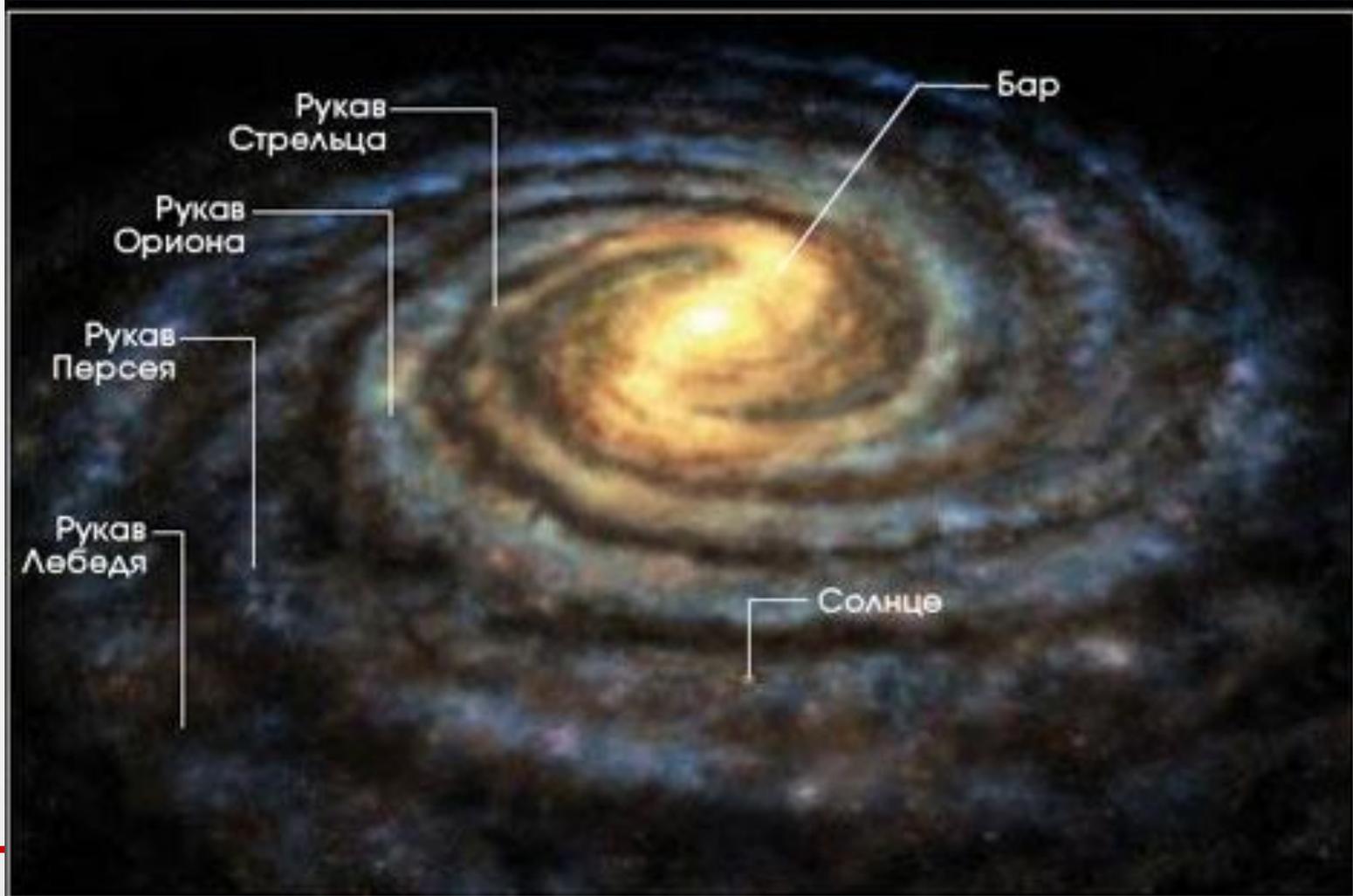


Наша галактика
Млечный Путь
спиральная.

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.



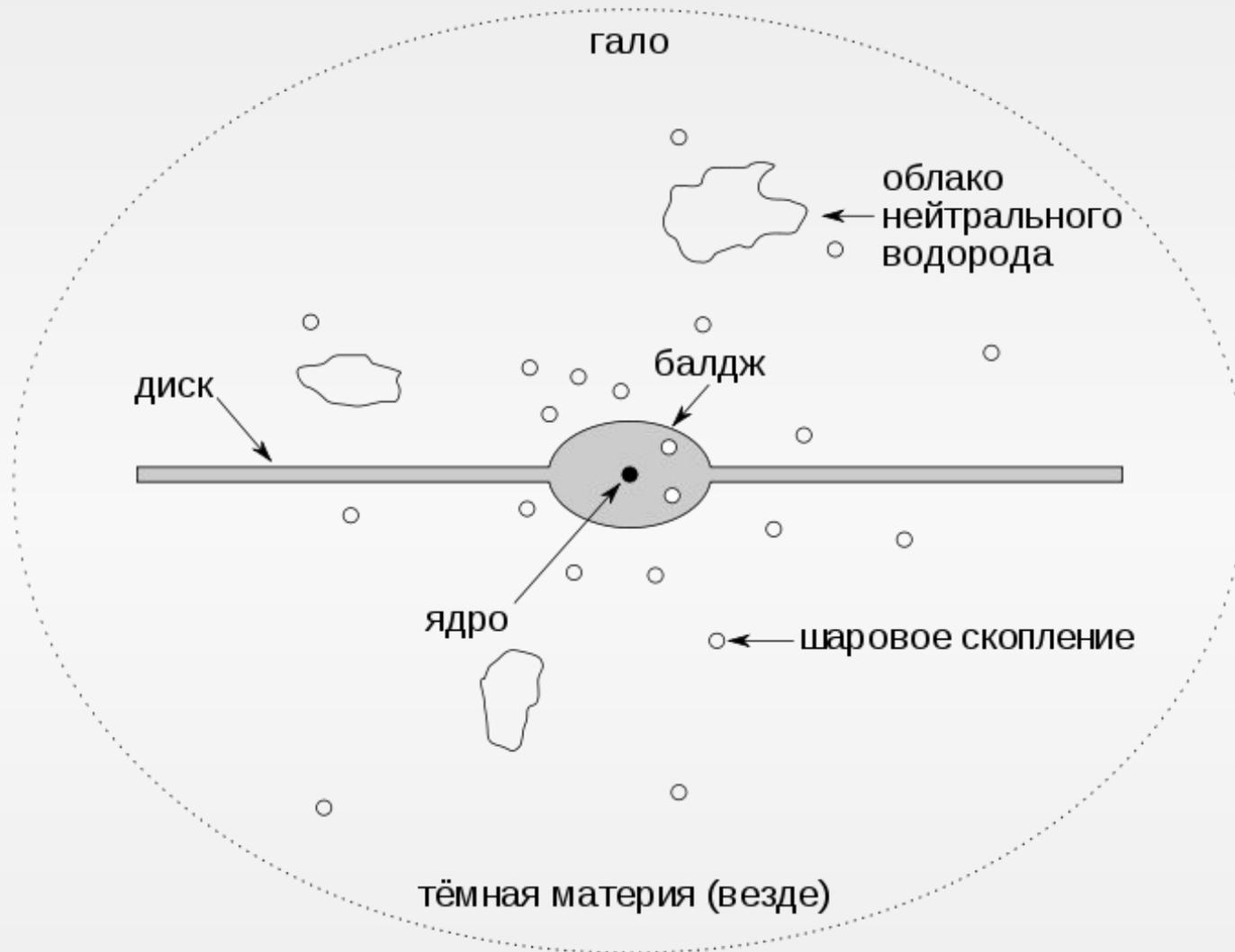
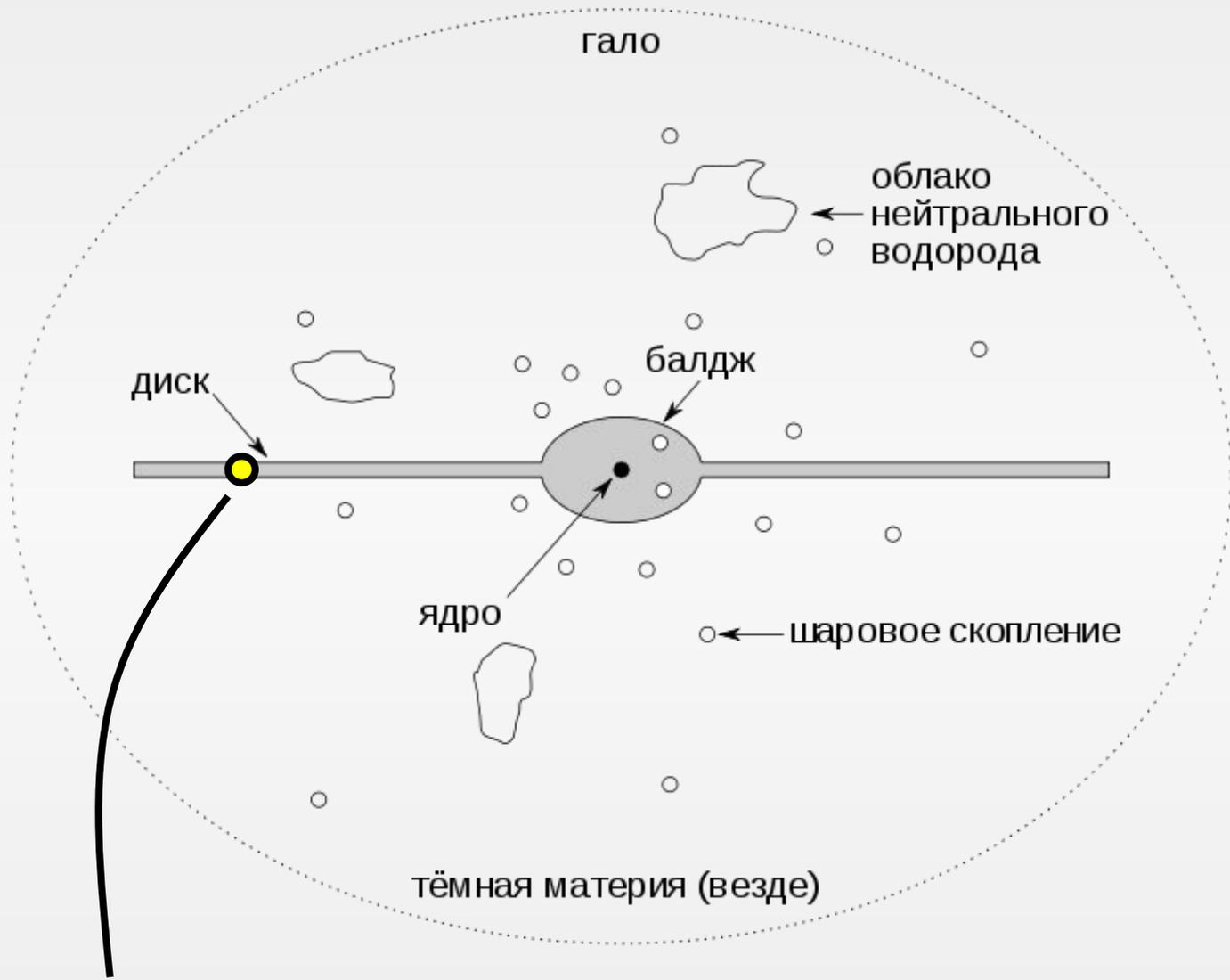


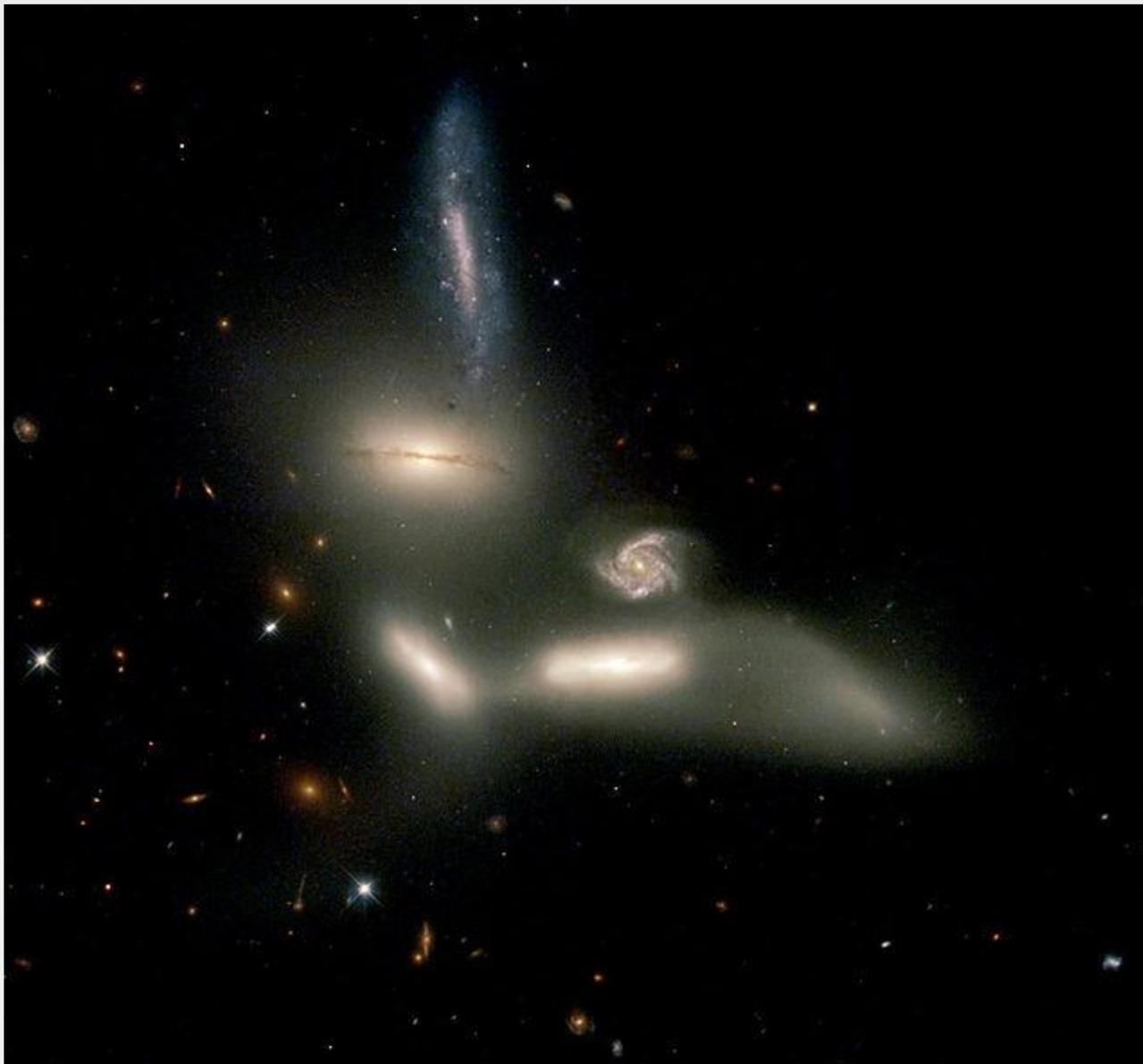
Схема спиральной галактики, вид в профиль.



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

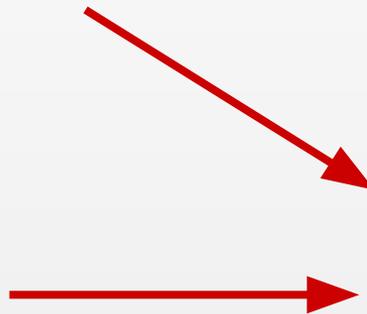
Галактика Треугольника

Прочие карликовые галактики

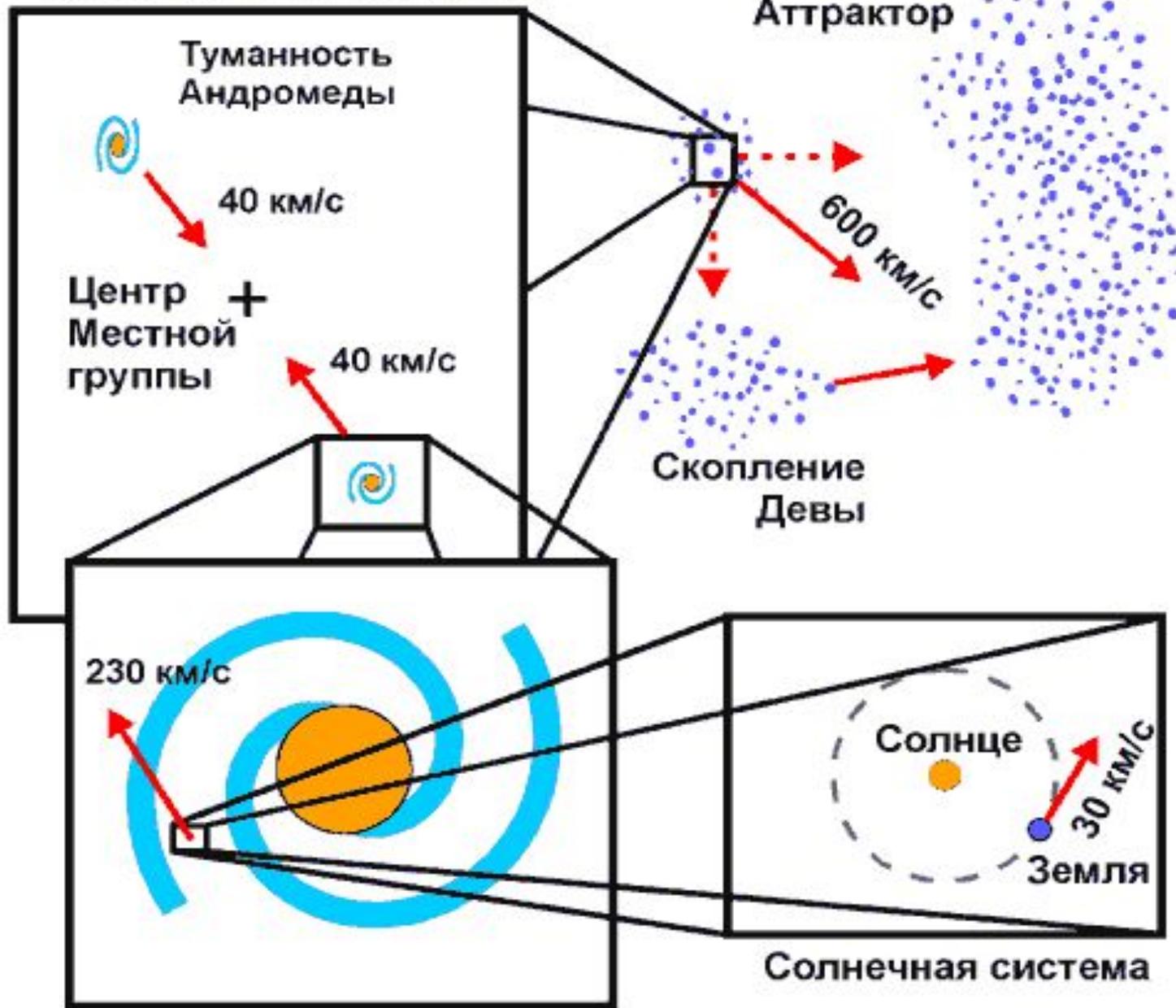
Скопление галактик **Местная группа**

Скопление галактик в Деве
и несколько других
скоплений и групп галактик

**Сверхскопление
галактик Девы**



Местная группа галактик



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
