

Микромир и Вселенная 2018

Структура материи

Тайны Вселенной

«Вполне возможно, что за гранью наших чувств находятся миры, которые мы не воспринимаем».

А. Эйнштейн.

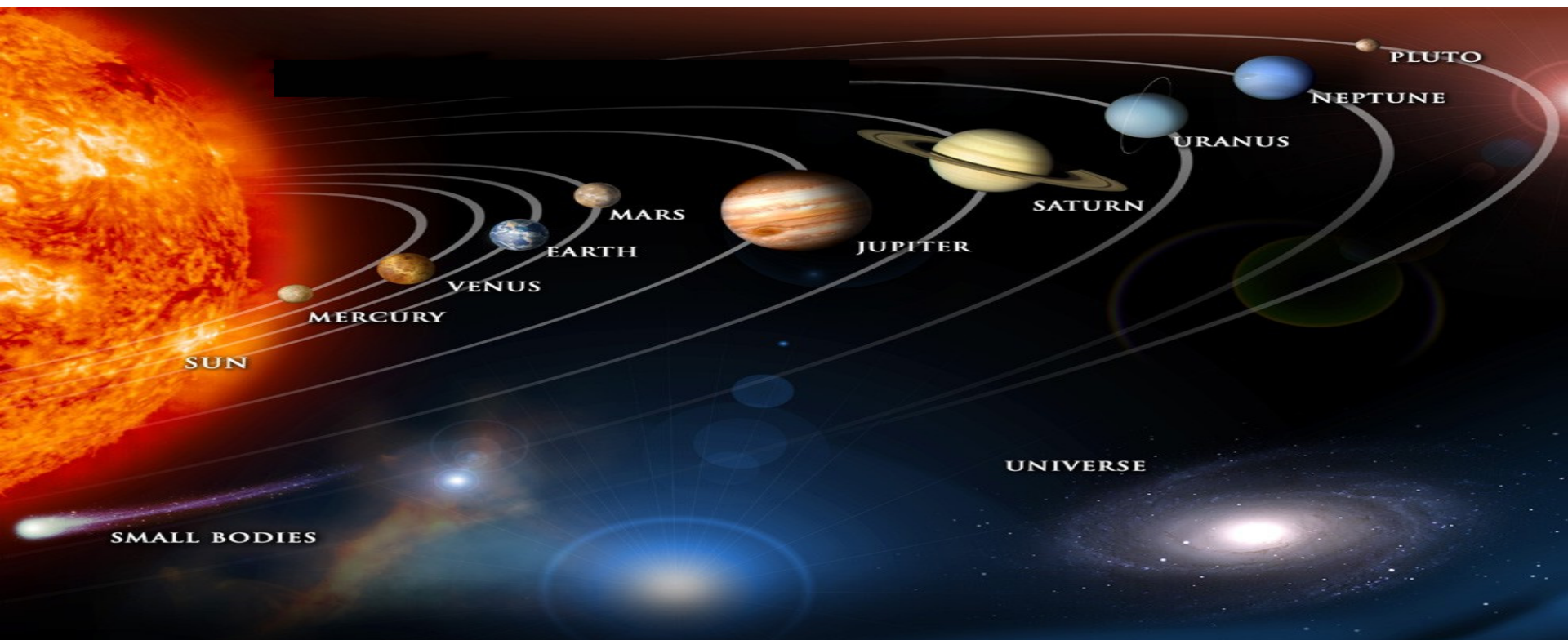
Структура материи

- Вселенная
- Скопление галактик
- Галактики
- Звезды
- Планеты
- Молекулы
- Атомы
- Атомные ядра
- Электроны
- Протоны, нейтроны

Земля



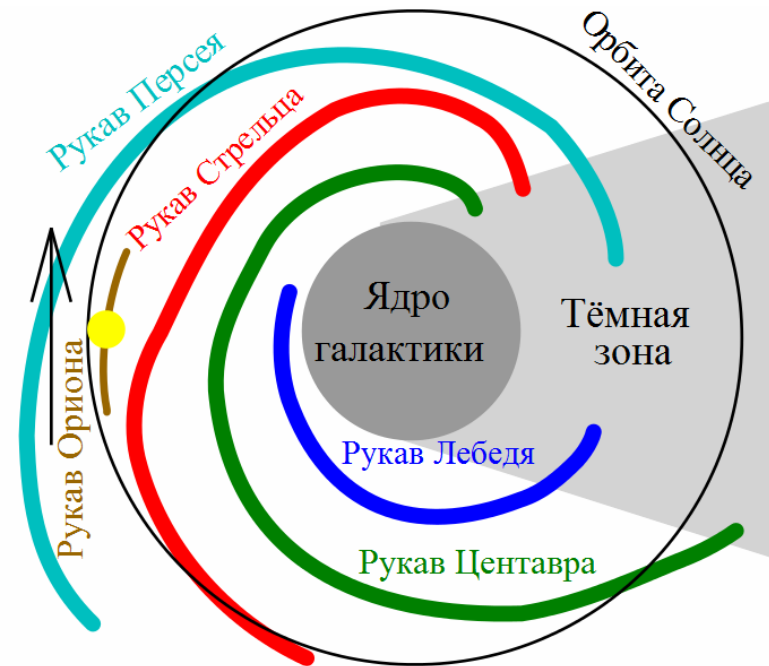
Планеты Солнечной системы



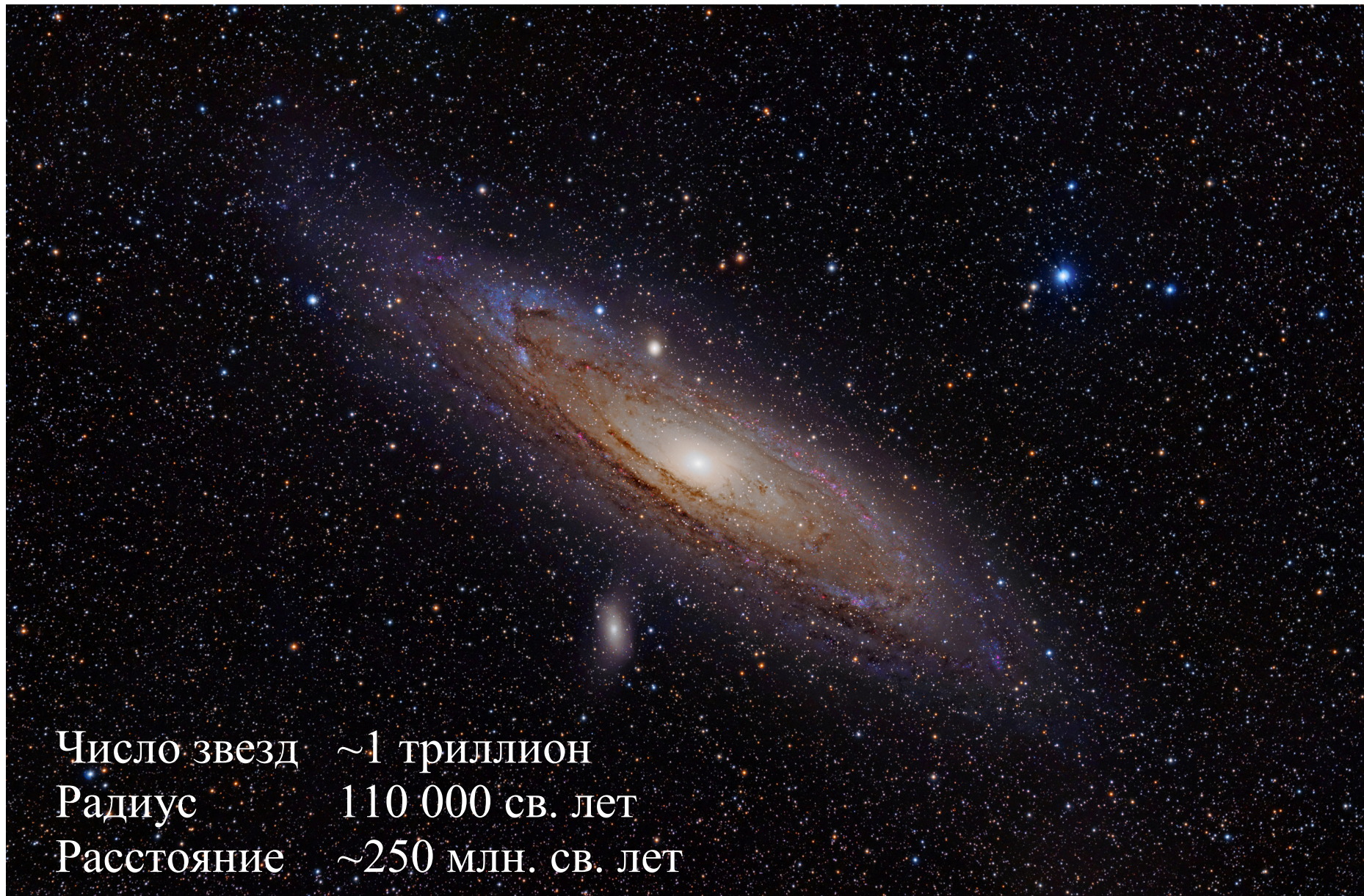
Планета	Среднее расстояние от Солнца, а.е.	Период обращения	Период вращения	Плотность, г/см ³	Диаметр, км	Масса, кг	Кол-во спутников	Температура
Меркурий	0,387	88 сут	58,6 сут	5,44	4878	$3,3 \cdot 10^{23}$	0	350
Венера	0,72	224,7 сут	243 сут	5,5	6050	$4,9 \cdot 10^{24}$	0	480
Земля	1,00	365,24 сут	24 час	5,52	12756,3	$6 \cdot 10^{24}$	1	22
Марс	1,52	687 сут	24,5 час	3,95	6780	$6,4 \cdot 10^{23}$	2	-23
Юпитер	5,2	11,9 лет	10 час	1,33	142600	$1,9 \cdot 10^{27}$	16	-150
Сатурн	9,54	29,5 лет	10,2 час	0,68	120600	$5,7 \cdot 10^{26}$	30	-180
Уран	19,18	84 года	17 час	1,26	51200	$8,7 \cdot 10^{25}$	15	-215
Нептун	30,06	164,8 лет	17,8 час	1,67	49500	$1,03 \cdot 10^{26}$	6	-217
Плутон	39,44	247,7 лет	6,4 сут	0,17	3000	$1,79 \cdot 10^{22}$	1	-223

Галактика Млечный путь

Масса	$\sim 3 \cdot 10^{12} M_{\odot}$
Число звезд	~ 200 млрд. звезд
Диаметр	$\sim 100\,000$ св. лет
Толщина	
балдж	3000 св. лет
диск	1000 св. лет
Скорость относительно реликтового излучения	550 км/сек
Галактический период обращения Солнца	200–250 млн. лет



Галактика Андромеда



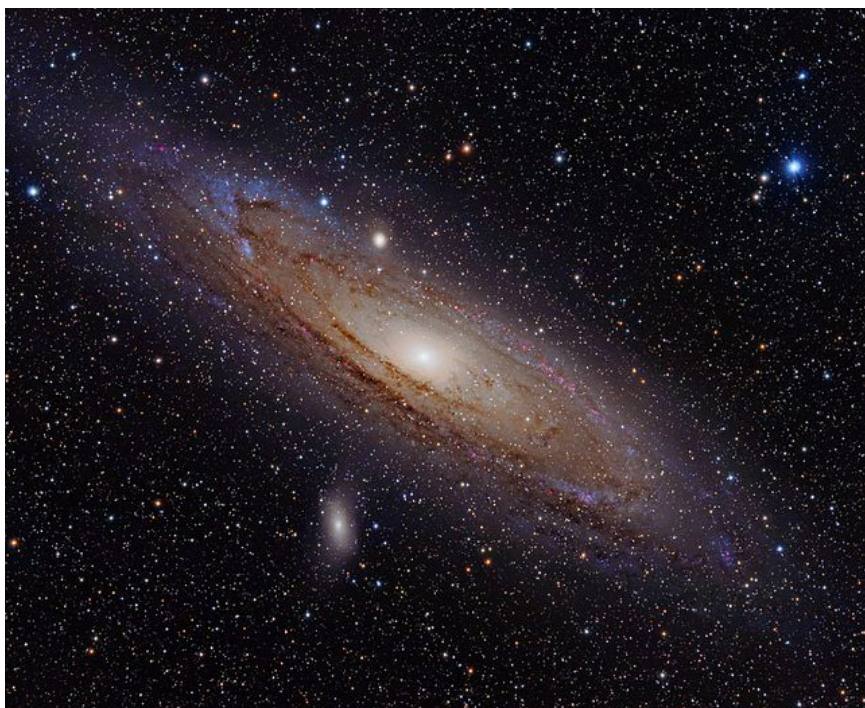
Число звезд ~1 триллион
Радиус 110 000 св. лет
Расстояние ~250 млн. св. лет

Эллиптическая галактика



Хаотическая галактика





Спиральная
Хаотическая

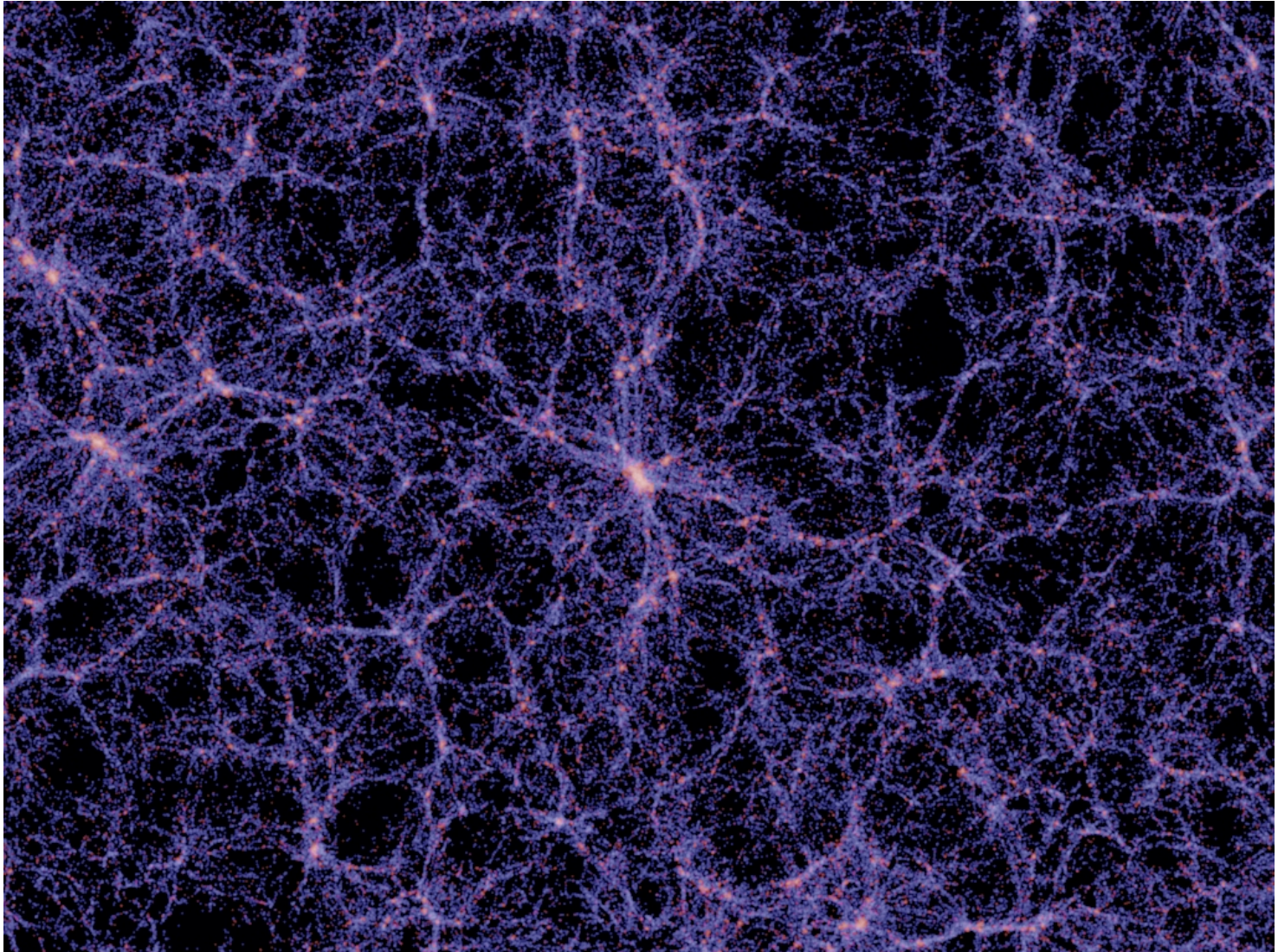


Типы галактик

Эллиптическая

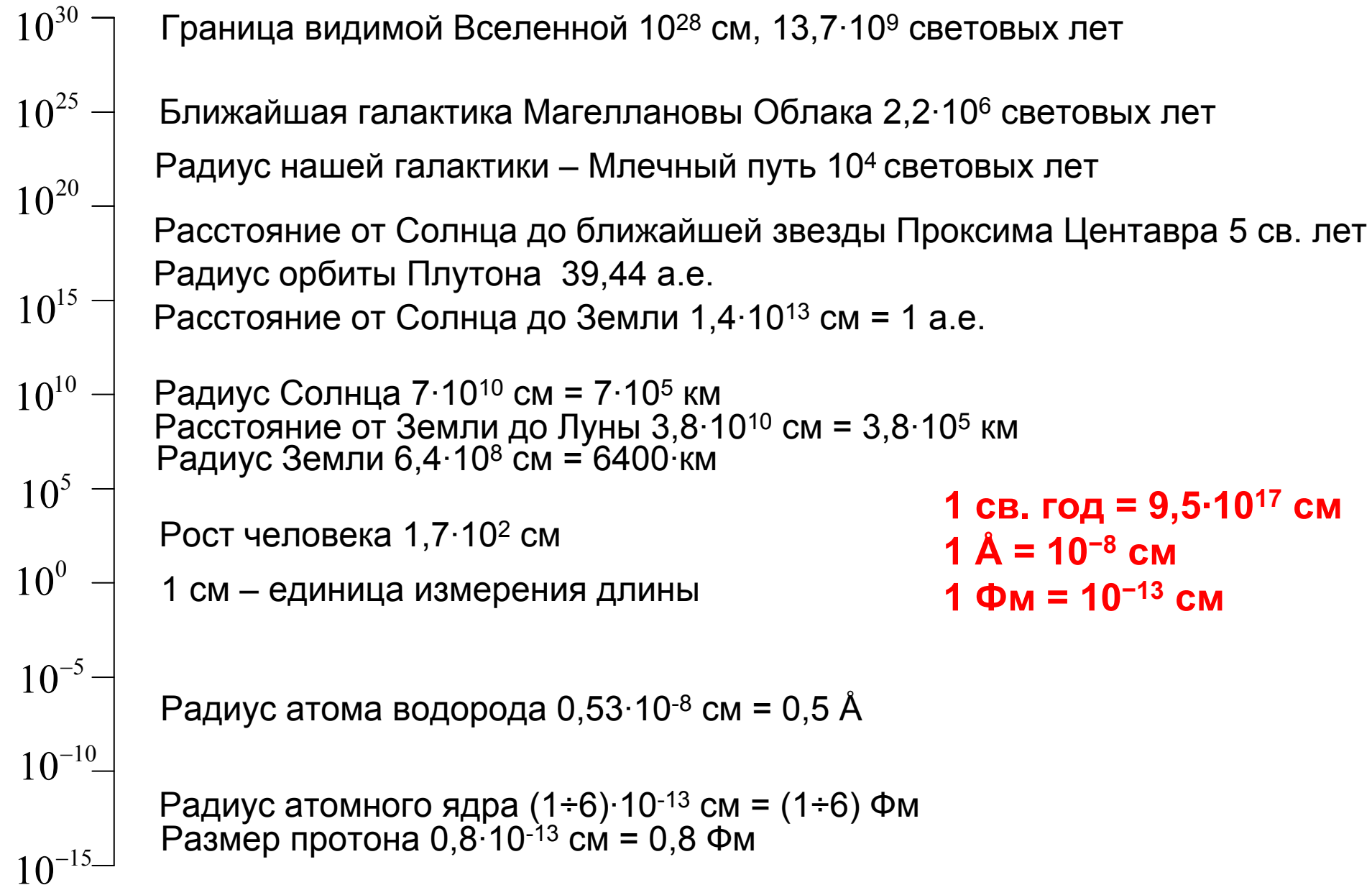


Крупномасштабная структура Вселенной

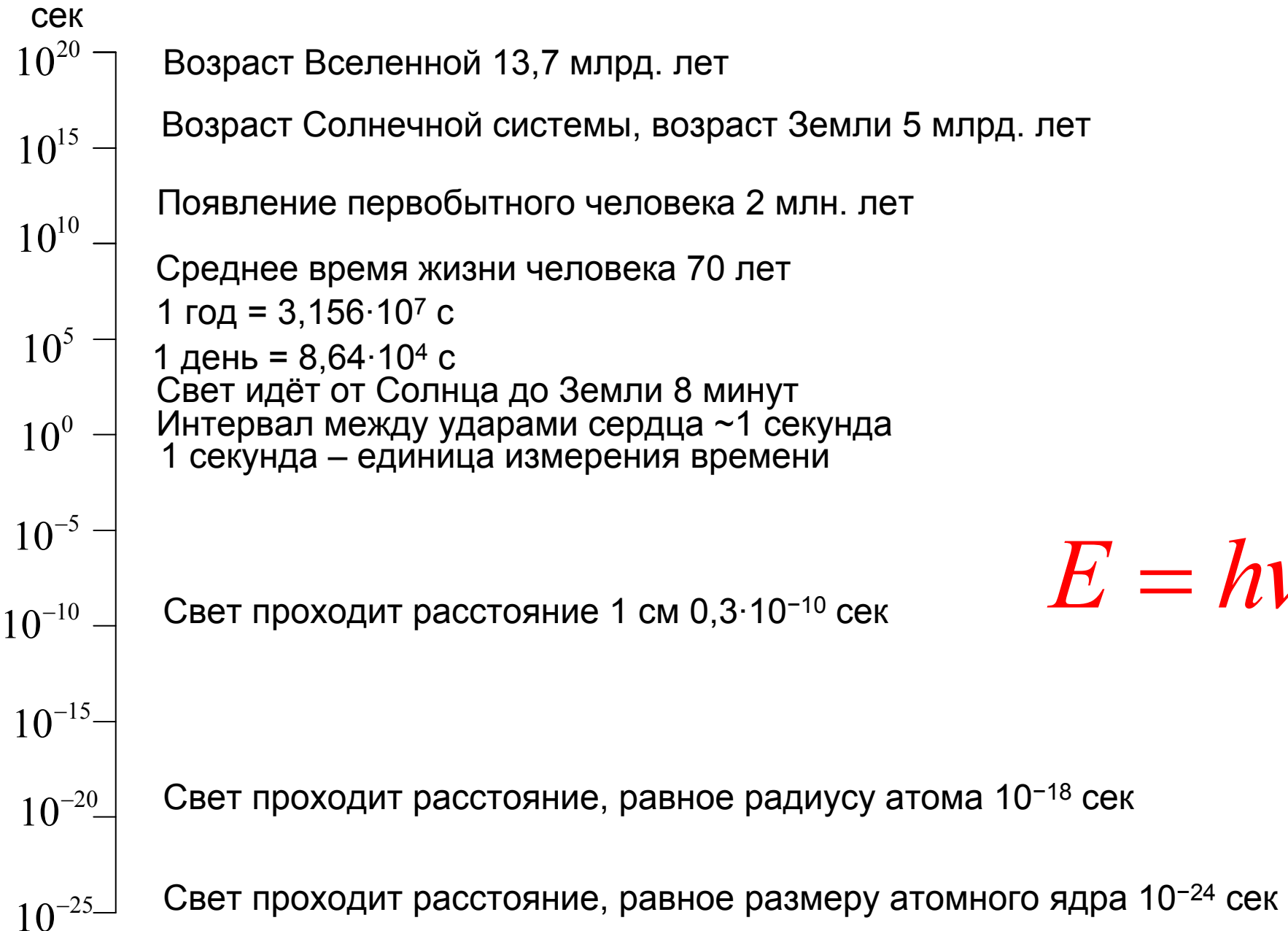


Диапазон расстояний во Вселенной

см

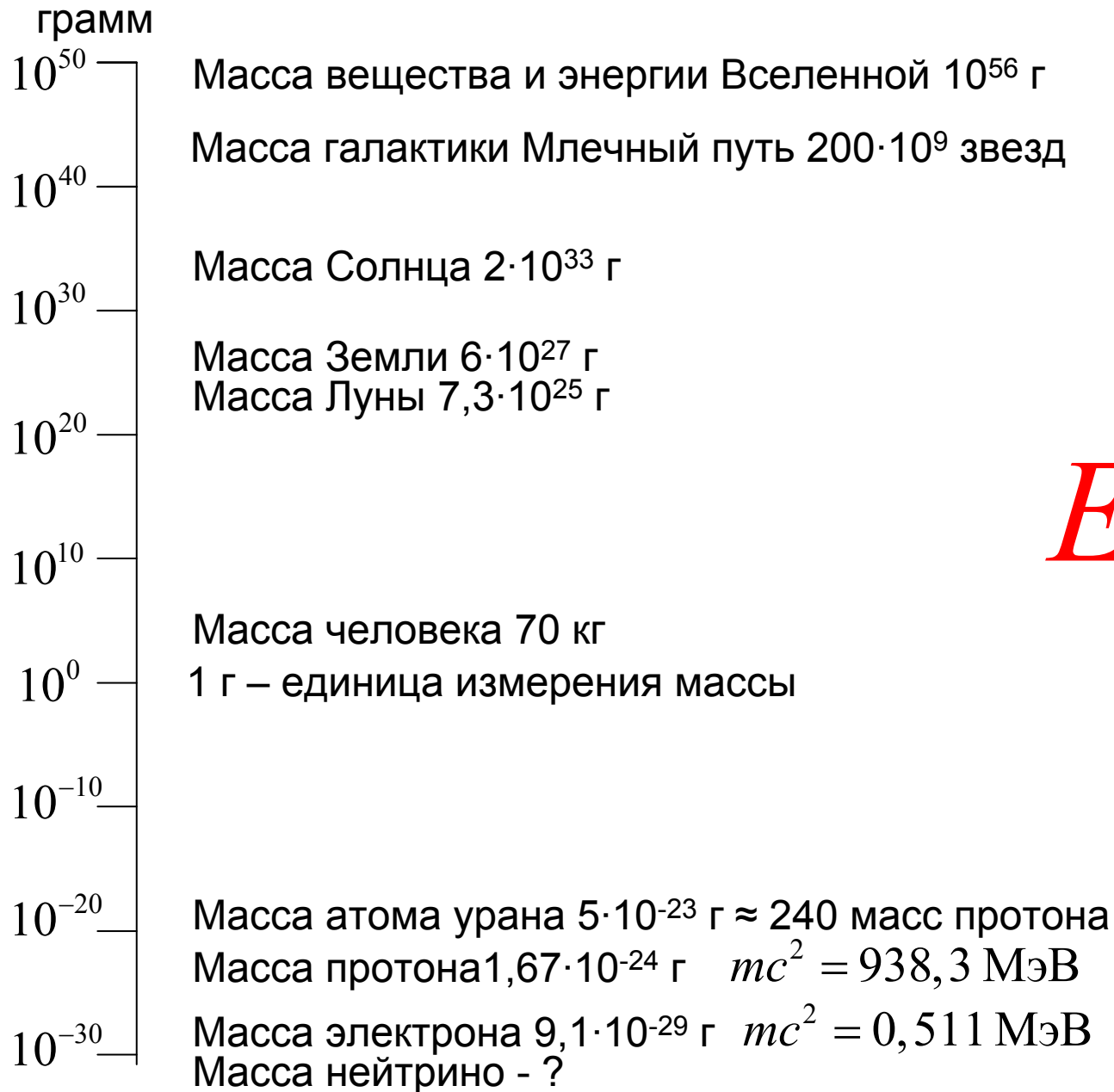


Диапазон временных интервалов во Вселенной



$$E = h\nu$$

Диапазон масс во Вселенной



$$E = mc^2$$

Приближенные значения времени путешествия со скоростью света в галактике Млечный путь

Расстояние	Время путешествия
Земля – Солнце	8 мин
Солнце – Сатурн	1,25 ч
Солнце – Плутон	5,25 ч
Солнце – Проксима Центавра (ближайшая звезда)	4,25 года
Солнце – Крабовидная туманность	6 000 лет
Солнце – центр Галактики	30 000 лет
Центр Галактики – край Галактики	50 000 лет
Периметр Галактики	300 000 лет

1 световая секунда = 300 000 км

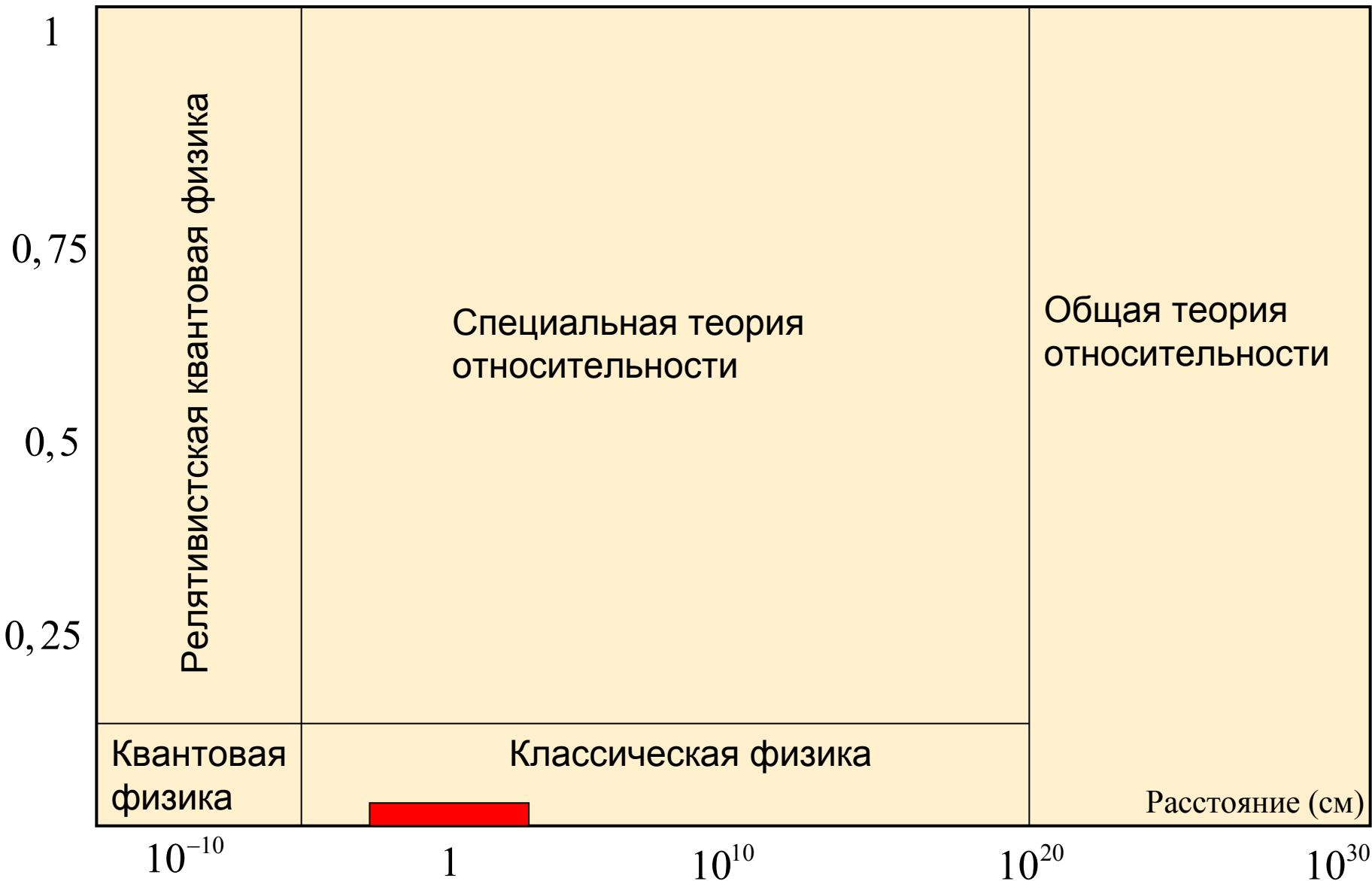
1 световая минута = 18 млн. км

1 световой час = 1 млрд. км

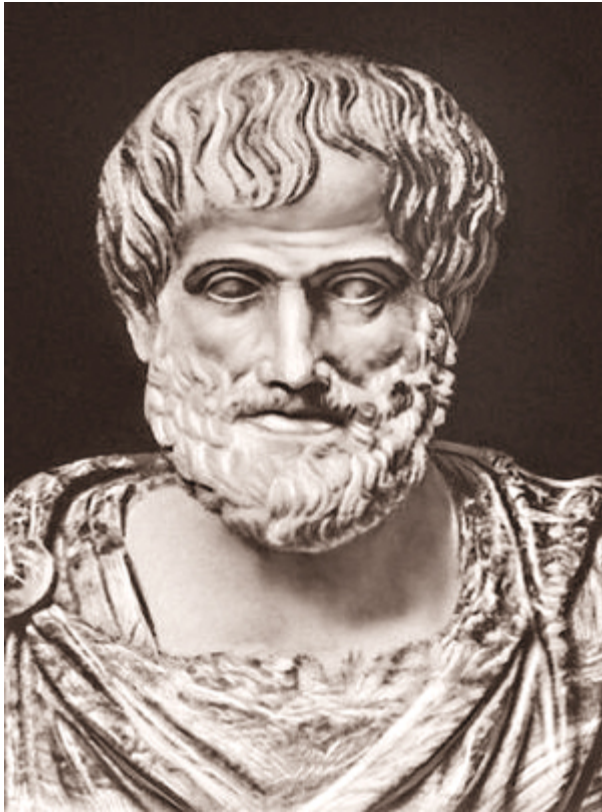
1 световой год 9,2 трлн. км

Явления повседневной жизни

$$\beta = \frac{v}{c}$$



Аристотель



384 – 322 гг. до н.э.

Дедуктивный метод объяснения явлений природы, не предусматривающий обращения к эксперименту

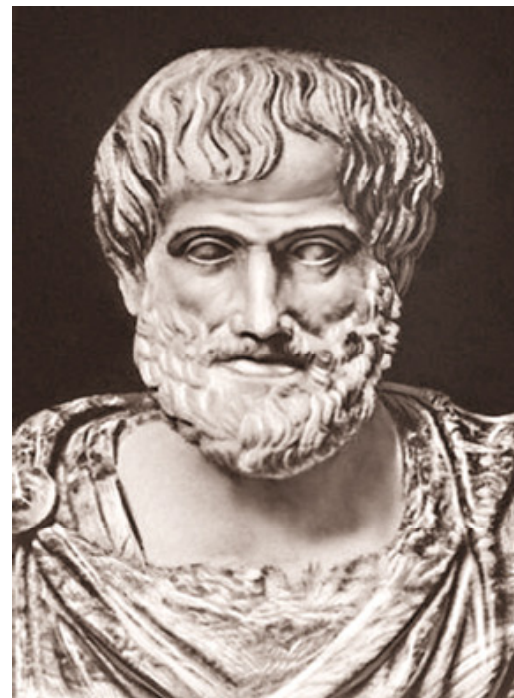


Аристотель

Основу учения Аристотеля составлял дедуктивный метод – логика абстрактного мышления, не предусматривающий обращения к эксперименту. Исходя из ряда постулатов, которые, *казалось*, находились в согласии с повседневными наблюдениями, он делал из них различные выводы о явлениях природы. Так Аристотель считал, что

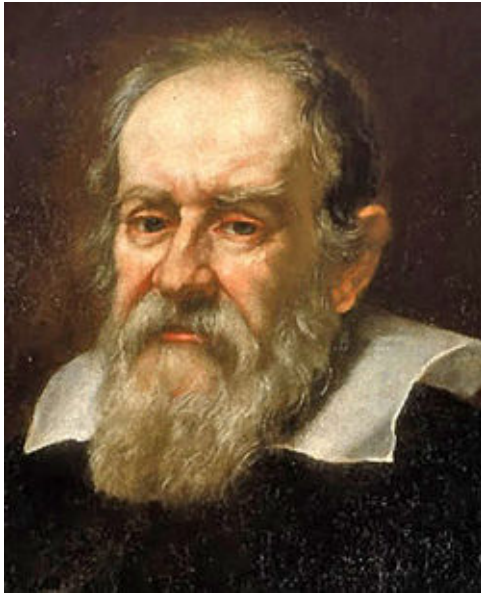
- скорость падения различных тел пропорциональна весу тела,
- движение происходит, пока действует «побудительная причина (сила)» и при отсутствии этой силы оно прекращается.

Основу его модели мироздания составляло представление о том, что всё вещество состоит из четырех основных элементов – Земли, Воды, Воздуха и Огня. Согласно учению Аристотеля материя была непрерывной средой – вещество можно делить бесконечно. Впоследствии эти представления Аристотеля явились основой концепции непрерывного гравитационного и электромагнитного полей.

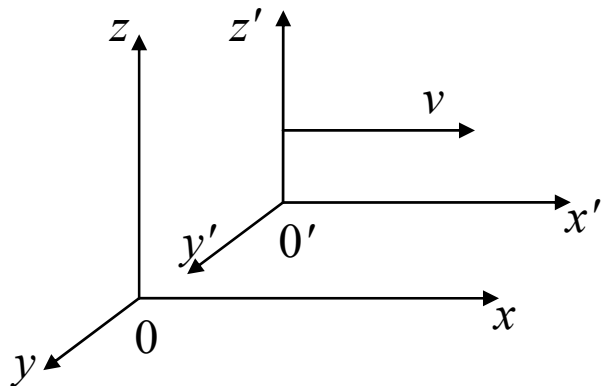


Аристотель
384–322 до н.э.

Г. Галилей



Галилео Галилей
1564 – 1642



- Заложил основы научного подхода в описание физического мира
- Сформулировал понятие движения
- Сформулировал законы движения падающих тел
- 1638 Принцип относительности

$$x' = x - vt,$$

$$y' = y,$$

$$z' = z,$$

$$t' = t$$

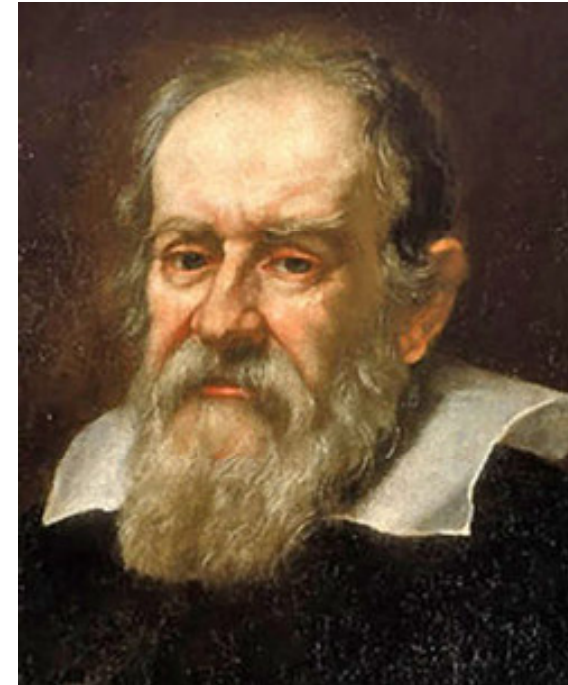
$$\vec{V} = \vec{V}_1 + \vec{V}_2$$

Г. Галилей

В отличие от господствовавших в науке традиций школы Аристотеля, Галилей в основу познания окружающего мира положил эксперимент. Изучая падение различных тел, Галилей пытался найти простое соотношение, связывающее измеряемые им величины. Галилей обнаружил, что вес тела не влияет на его движение. Галилей установил, что тело движущееся с постоянным ускорением из состояния покоя за любой интервал времени, считая от начала движения, проходит путь пропорциональный квадрату времени.

В 1609 г. Галилей построил свой первый телескоп. Он обнаружил, что Луна подобно Земле имеет сложный рельеф. На Луне были видны горы и кратеры. Галилей обнаружил 4 спутника Юпитера.

В «Диалоге о двух системах мира» Галилей утверждал, что более правильной является гелиоцентрическая система Коперника, а не геоцентрическая система Птолемея.



Галилео Галилей
1564 – 1642

1609-1611 гг. Законы Кеплера



Иоганн Кеплер
1571 – 1630

1. Движение планет происходит по эллипсам в одном из фокусов которых находится Солнце.
2. Линия, соединяющая планету и Солнце, «заметает» равные площади за равные интервалы времени.
3. Период обращения планеты T и её расстояние от Солнца R связаны соотношением

$$R^3 / T^2 = const,$$

постоянная $const$ имеет одно и то же значение для всех планет.

И. НЬЮТОН

1687 г. «Математические начала натуральной философии»



Исаак Ньютон
1642 – 1727

Законы Ньютона

1. Закон инерции

$$F = 0, \quad a = 0, \quad \vec{v} = const$$

2. Ускоренное движение

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

3. Если тело 1 действует на тело 2 с какой-либо силой, то тело 2 действует на тело 1 с равной противоположно направленной силой

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

1687 г. Закон всемирного тяготения

$$\vec{F}_{\text{гр}} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{r}_{12}$$

Гравитационная сила $F_{\text{гр}}$, с которой притягиваются друг к другу две частицы или два тела сферической формы, обратно пропорциональна квадрату расстояния между их центрами r и пропорциональна произведению их масс $m_1 m_2$.

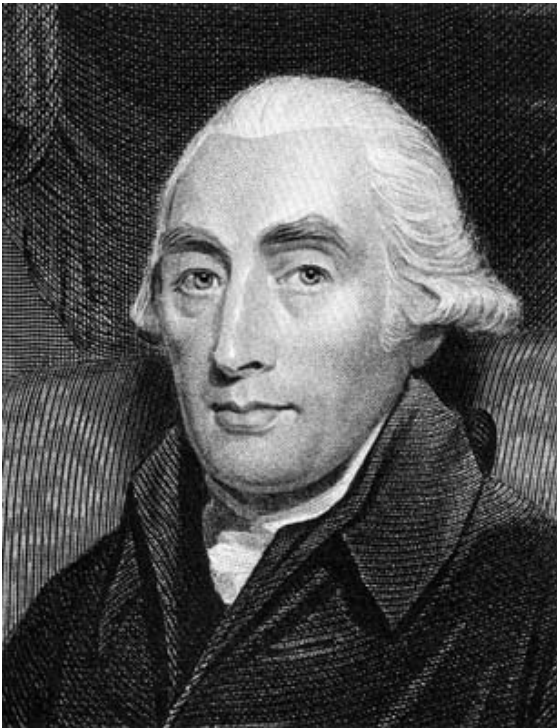
$$G = 6,673 \cdot 10^{-8} \text{ дин} \cdot \text{см}^2 / \text{г}^2 \text{ (система СГС)}$$

«Но до сих пор я не в состоянии открыть причину таких свойств тяготения... И я не измышляю гипотез... Для нас достаточно того, что тяготение существует на самом деле, действует в согласии с теми законами, что мы объяснили, и в полной мере позволяет объяснить все движения тел».

Исаак Ньютон

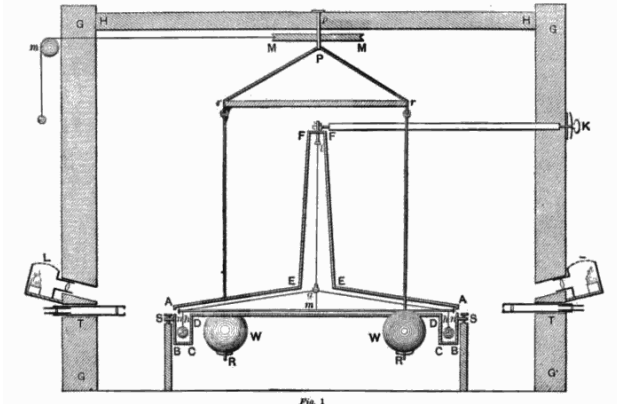
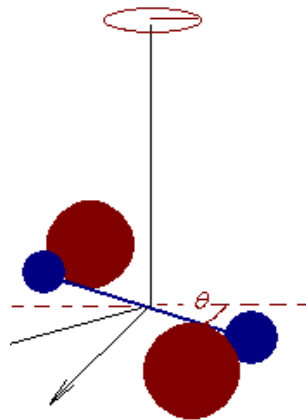


1789 г. Эксперимент Кавендиша



Генри Кавендиш
1731 – 1810

Значение гравитационное
постоянной G было впервые
определено экспериментально
Г. Кавендишем.

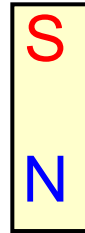
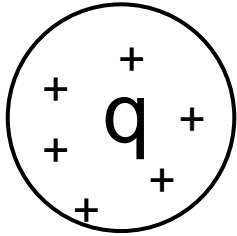


В результате эксперимента
Г. Кавендиш получил значение
гравитационной постоянной G , которое
всего на 1% отличалось принятого в
настоящее время значения

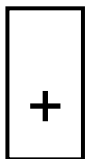
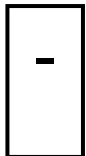
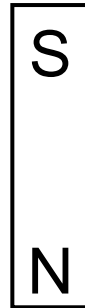
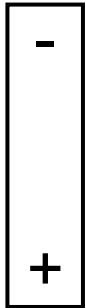
$$\vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \vec{r}$$

$$G = 6,673 \cdot 10^{-8} \text{ дин} \cdot \text{см}^2 / \text{г}^2 \text{ (система СГС)}$$

Электризация. Магнетизм



Электрические заряды можно разделить и получить тела с положительным и отрицательным зарядами



Нельзя разделить в теле северный и южный магнитные полюса и получить тела только с одним полюсом

1785 г. Закон Кулона



Шарль Кулон
1736 – 1806

$$\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{r}_{12}$$

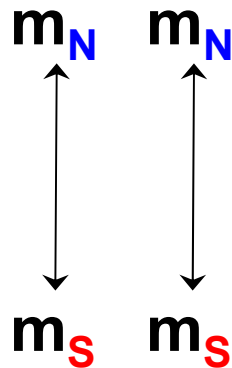
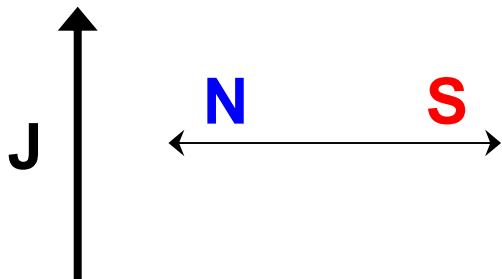
Сила электростатического взаимодействия двух заряженных тел изменяется с расстоянием точно по тому же закону, что и сила гравитационного взаимодействия $\sim 1/r^2$. Электростатическая сила пропорциональна произведению зарядов взаимодействующих тел. Однако в отличие от гравитационного взаимодействия, которое всегда является силой притяжения сила электростатического взаимодействия может быть как силой притяжения (противоположные знаки зарядов), так и силой отталкивания (одинаковые знаки зарядов).

1820 г. Магнитное поле



Ханс Кристиан Эрстед
1777 – 1851

Эрстед обнаружил, что электрический ток, проходящий через проводник отклоняет магнитную стрелку.



$$\vec{F} = \frac{m_N m_S}{r^2} \vec{r}$$

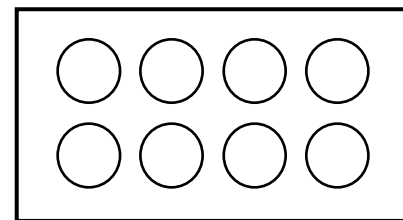
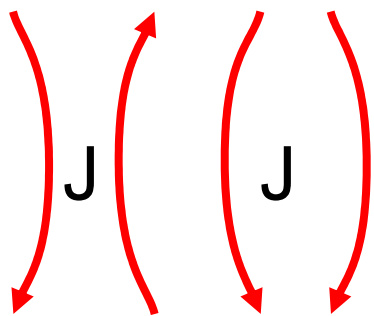
1820 г. Взаимодействие между двумя проводниками, по которым течет ток



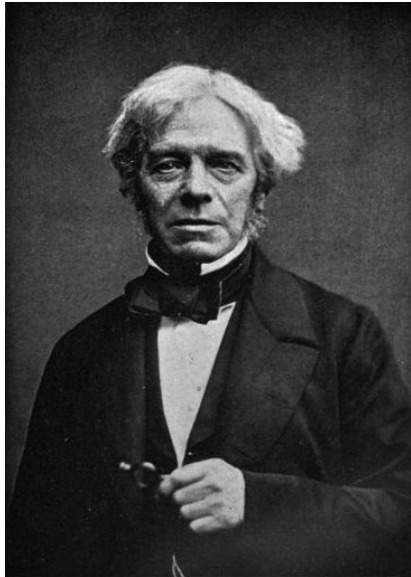
Андре Мари Ампер
1775 – 1836

Ампер обнаружил, что между двумя проводниками возникает взаимодействие на расстоянии, когда по ним протекает электрический ток.

Ампер выдвинул гипотезу, что природный магнетизм связан с существованием в магните круговых токов.



1831 г. Закон электромагнитной индукции



Майкл Фарадей
1791 – 1867

При любом изменении магнитного потока через проводящий контур в контуре возникает электрический ток.

$$\Phi = B \cdot S \cdot \sin \varphi$$

Φ – магнитный поток,

S – площадь проводящего контура

φ – угол между направлением напряженности поля и плоскости проводящего контура.

ЭДС индукции U пропорциональна скорости изменения магнитного потока сквозь индукционный контур

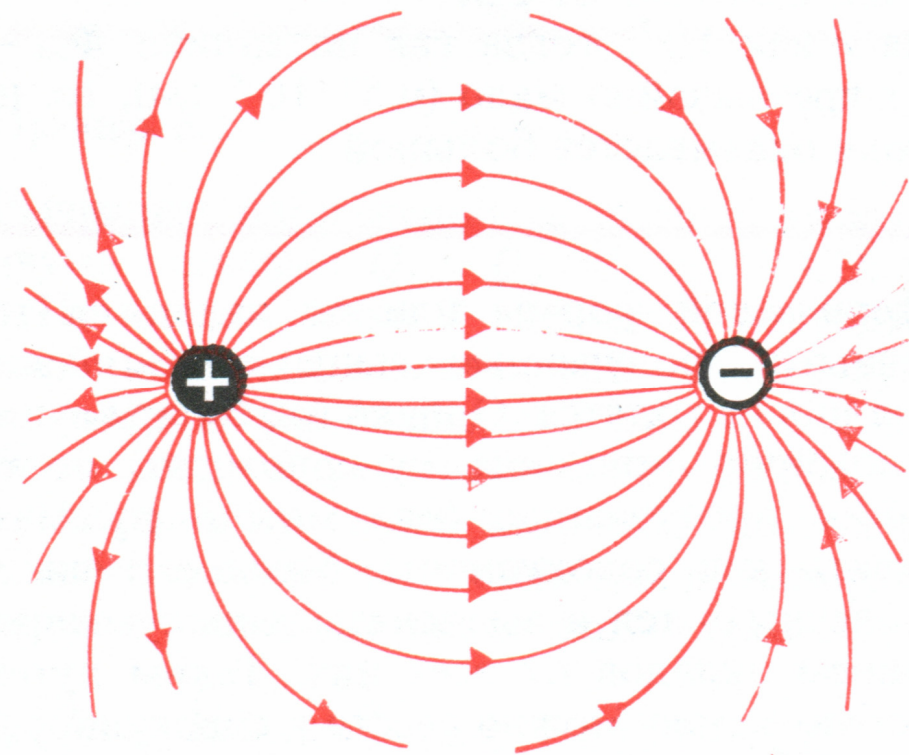
$$U = k \frac{d\Phi}{dt}$$

Правило Ленца. Индуцированный ток всегда имеет такое направление, при котором его магнитное поле уменьшает (компенсирует) изменение магнитного потока, являющееся причиной возникновения индуцированного тока.

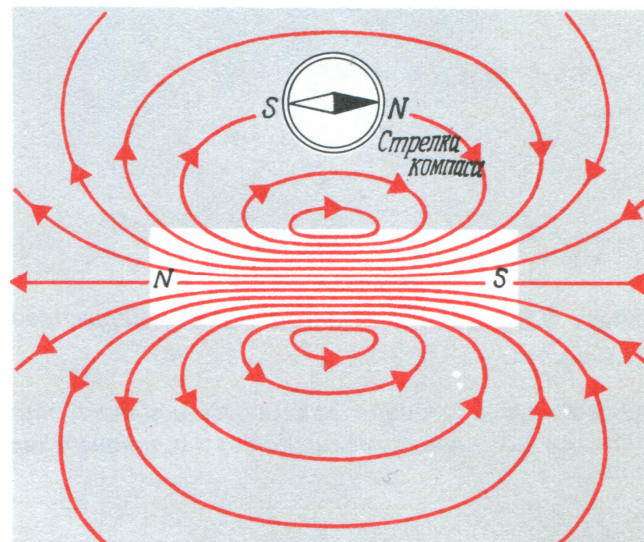
Закон сохранения энергии и правило Ленца.

Электрическое поле

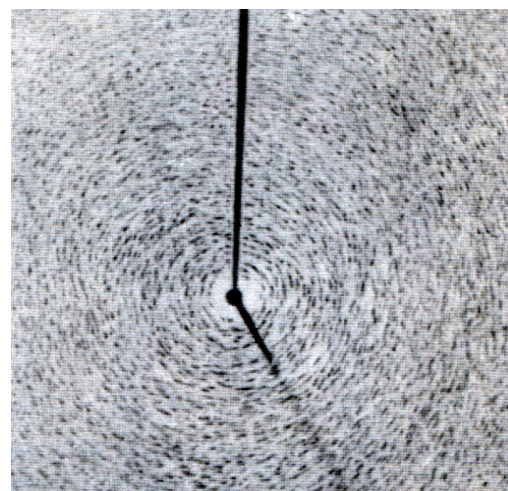
Магнитное поле



Силловые линии электрического поля начинаются на положительном заряде и оканчиваются на отрицательном



Силловые линии поля простого стержневого магнита



Силловые линии поля прямолинейного проводника

Электричество

Два типа электрических зарядов – положительный и отрицательный.

Положительный и отрицательный заряды существуют независимо друг от друга.

Электрический заряд создает в пространстве электрическое поле.

Электрические силовые линии выходят из положительного заряда и входят в отрицательный.

Переменное электрическое поле и электрический ток порождают магнитное поле.

Магнетизм

Два типа магнитных полюсов – северный и южный.

Северный и южный полюса магнита всегда существуют совместно.

Магнитное поле не существует независимо от электрического заряда.

Магнитные силовые линии непрерывны: они не имеют ни начала, ни конца.

Переменное магнитное поле порождает электрический ток.

1892 г. Сила Лоренца



Гендрик Лоренц
1853 – 1928

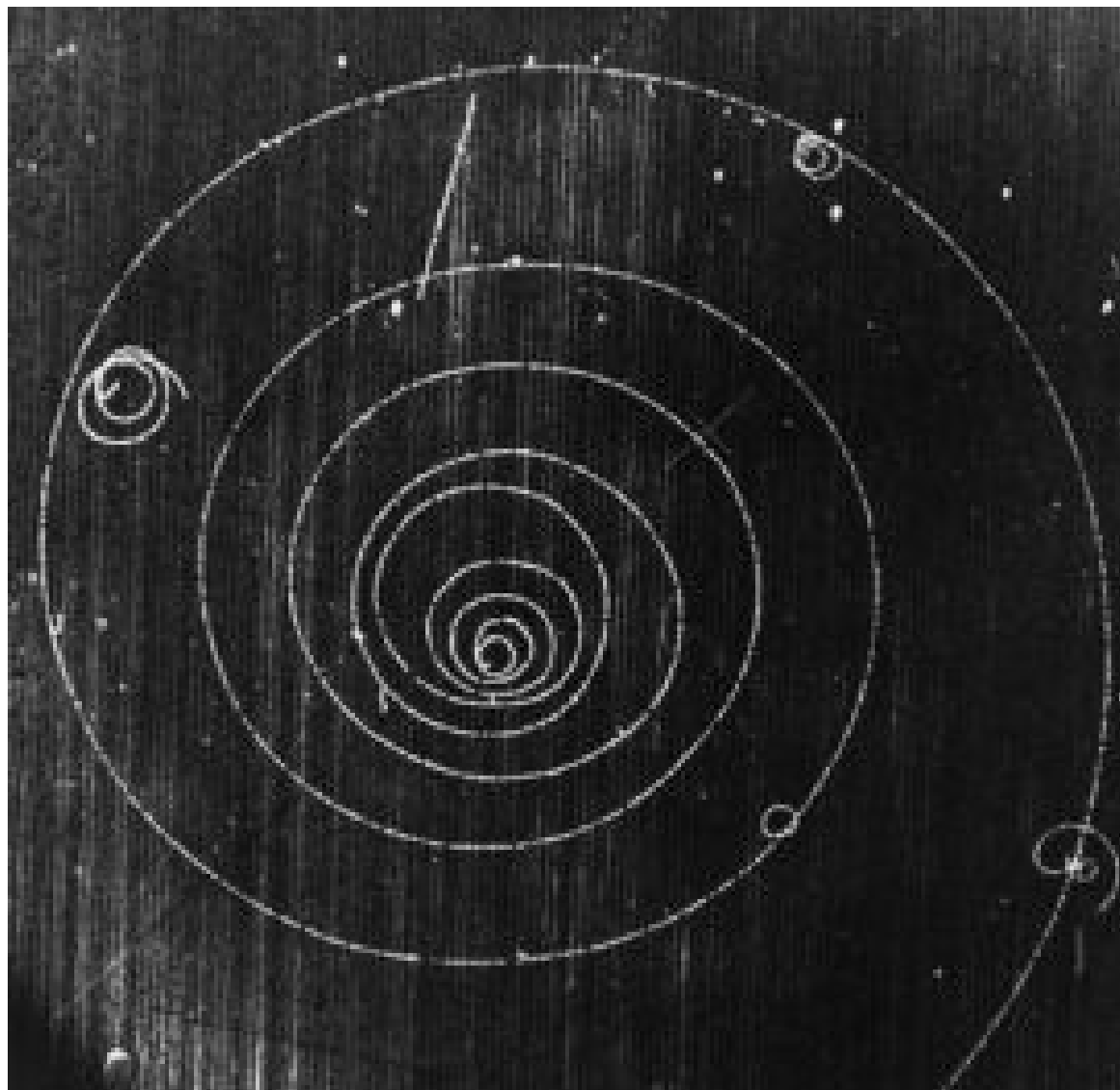
«Электромагнитная теория
Максвелла и её применение
к движущимся телам»

$$\vec{F} = q \left(\vec{E} + \frac{1}{c} [\vec{v} \times \vec{B}] \right)$$

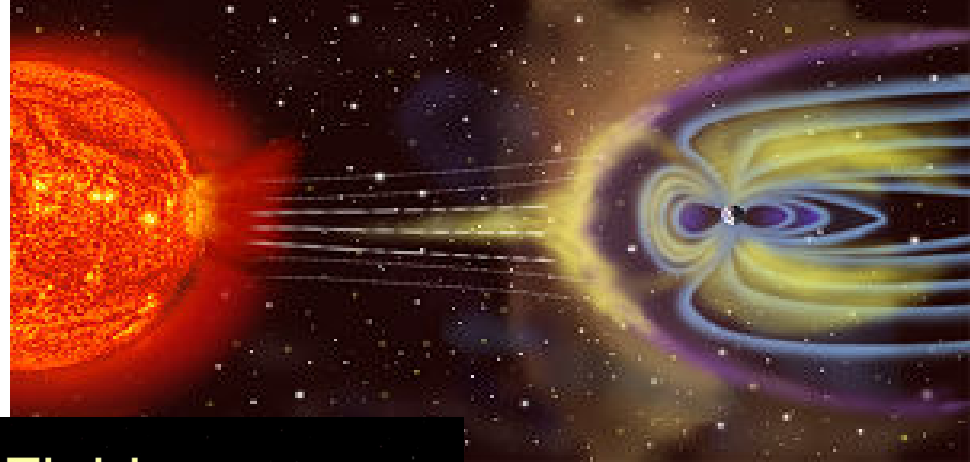
Сила Лоренца – сила, с которой электромагнитное поле действует на движущуюся со скоростью v точечную частицу с зарядом q .

E – напряженность электрического поля,
 q – электрический заряд частицы.

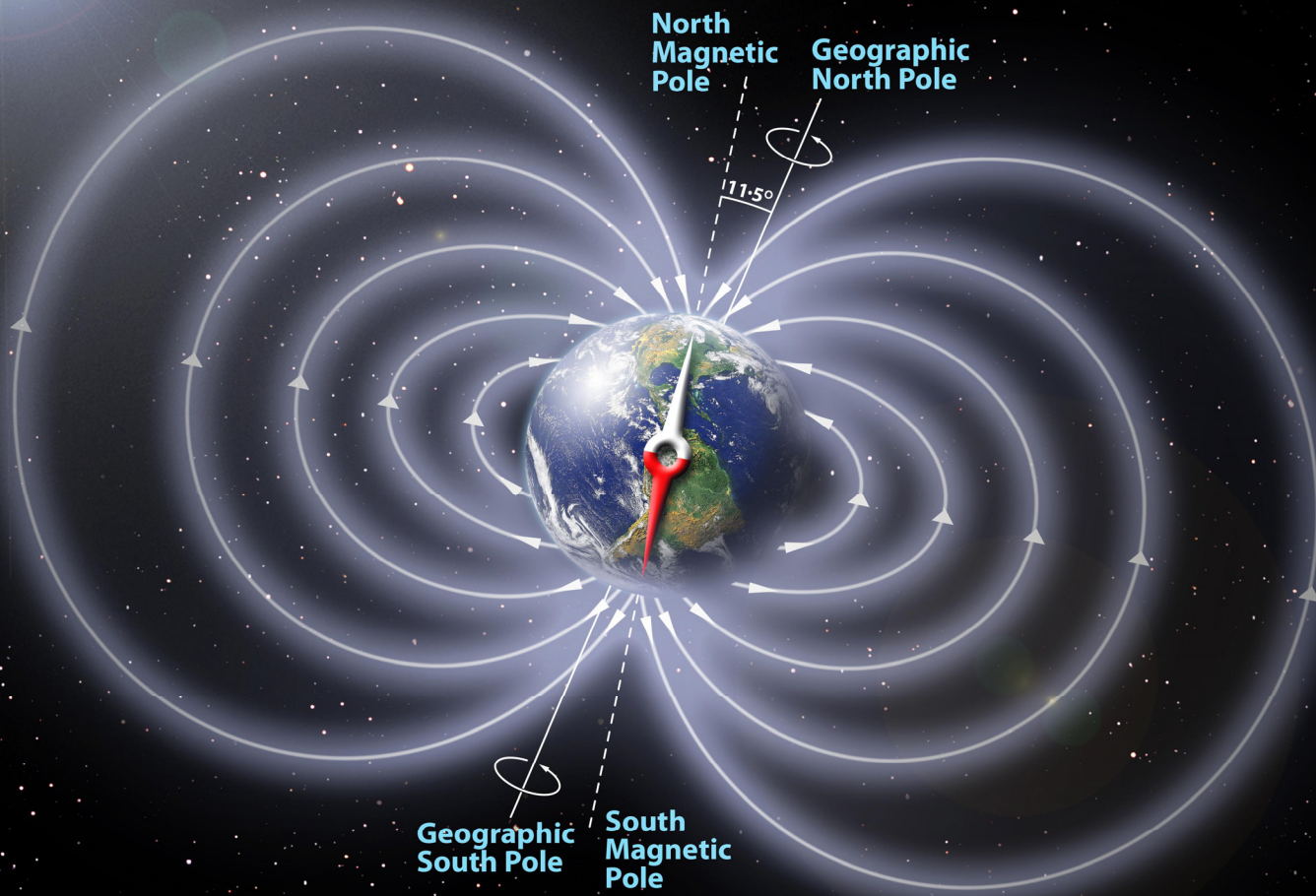
Частица в магнитном поле пузырьковой камеры



Магнитное поле Земли



The Earth's Magnetic Field



Заряженные частицы могут удерживаться в неоднородных магнитных полях.

Радиационные пояса Земли.

1865 г. Система уравнений Максвелла



Джеймс Максвелл
1831 – 1879

Закон Гаусса для
электрического
поля

$$\operatorname{div} E = 4\pi\rho$$

Электрический заряд
является источником
электрической
индукции

Закон Гаусса для
магнитного поля

$$\operatorname{div} B = 0$$

Отсутствие
магнитного заряда

Закон индукции
Фарадея

$$\operatorname{rot} E = -\frac{1}{c} \frac{\partial B}{\partial t}$$

Изменение
магнитной индукции
порождает вихревое
электрическое поле

Теорема о
циркуляции
магнитного поля

$$\operatorname{rot} B = \frac{4\pi}{c} j + \frac{1}{c} \frac{\partial E}{\partial t}$$

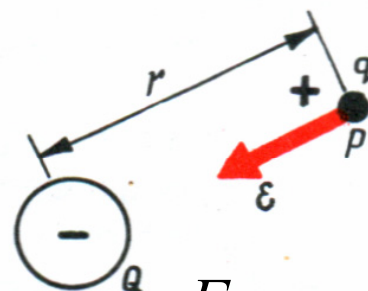
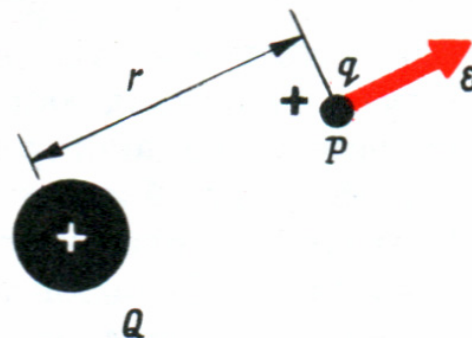
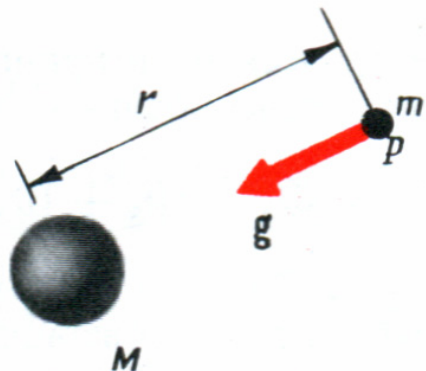
Электрический ток и
изменение
электрической
индукции порождают
вихревое магнитное
поле

E - напряженность электрического поля,
 B - магнитная индукция.

Гравитационное поле

Электрическое поле

Вектор напряженности поля



$$g = \frac{F_{\text{гр}}}{m}, \quad g = G \frac{M}{r^2}$$

$$\varepsilon = \frac{F_{\text{эл}}}{q}, \quad \varepsilon = -\frac{Q}{r^2}$$

Потенциальная энергия

$$E_{\text{пот}}^{\text{гр}} = -G \frac{Mm}{r}$$

$$E_{\text{пот}}^{\text{эл}} = \frac{Qq}{r}$$

Потенциал

$$\Phi_{\text{гр}} = \frac{E_{\text{пот}}^{\text{гр}}}{m} = -G \frac{M}{r}$$

$$\Phi_{\text{эл}} = \frac{E_{\text{пот}}^{\text{эл}}}{q} = \frac{Q}{r}$$

Основные понятия классической физики

Классическая механика

- Длина
- Время
- Масса

Электромагнетизм

- Электрические заряды
- Электрические поля
- Магнитные поля
- Электромагнитное поле

2 этапа развития физики

Классическая физика

Механика. Термодинамика. Электричество. Магнетизм

XX век

Современная физика.

Квантовая физика. Релятивистская физика

Классическая физика	Релятивистская физика $c = 3 \cdot 10^{10}$ см/сек
Квантовая физика $h = 4,1 \cdot 10^{-15}$ эВ/сек	Релятивистская квантовая физика