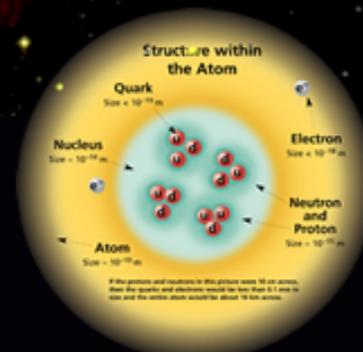




Микромир и Вселенная



nuc1phys.sinp.msu.ru

Ядерная физика в интернете - Mozilla Firefox

Файл Правка Вид Журнал Закладки Инструменты Справка

Gmail ЯФ Ядерная физика в интернете

nuc1phys.sinp.msu.ru Google

Ядерная физика в Интернете



Учебные материалы курса
"Физика атомного ядра и частиц"
▶ [Физика ядра и частиц. XX век](#)
▶ [Микромир и Вселенная](#)
▶ [Частицы и атомные ядра](#)
▶ [Шпаргалка для отличника \(Частицы и ядра\)](#)
▶ [История атомного ядра](#)
▶ [Программа курса "Физика ядра и частиц"](#)
▶ [Лекции профессора Б.С. Ишханова 2013](#)
▶ [Лекции профессора И.М. Капитонова 2013](#)
▶ [Частицы и атомные ядра \(основные вопросы по курсу\)](#)
▶ [Обязательные вопросы для допуска к экзамену](#)
▶ [Семинары по физике ядра и частиц](#)
▶ [Частицы и атомные ядра. Семинары. Задачи](#)
▶ [Задачи и решения](#)
▶ [Описания задач общего ядерного практикума физического факультета МГУ](#)

Материалы спецкурсов

Проект кафедры общей ядерной физики физического факультета МГУ
осуществляется при поддержке НИИЯФ МГУ.

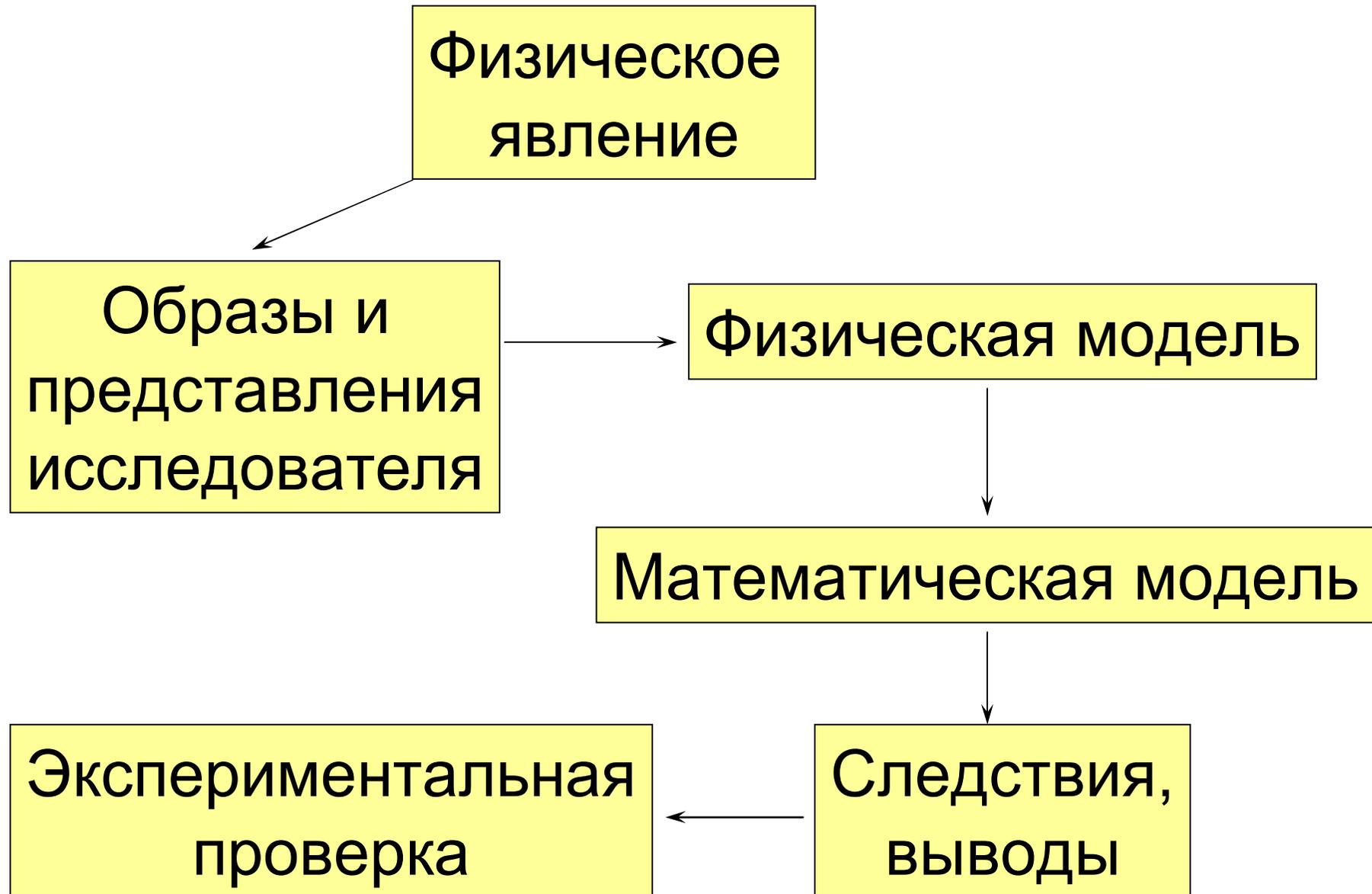
Разное

- ▶ [Материалы научного семинара по ядерной физике НИИЯФ МГУ](#)
- ▶ [Что нового на сайте](#)
- ▶ [100-летие открытия атомного ядра. Резерфорд](#)
- ▶ [Поиск по нашему сайту и сайтам МГУ](#)
- ▶ [Нобелевские лауреаты по физике](#)
- ▶ [Хроника открытий в физике ядра и частиц](#)
- ▶ [Биографии физиков](#)
- ▶ [Фотографии физиков](#)
- ▶ [Ссылки на ресурсы по ядерной физике](#)
- ▶ [Школы, семинары, рабочие совещания, конференции](#)
- ▶ [Физика атомного ядра и частиц в УФН](#)
- ▶ [Рефераты студентов](#)

Структура материи

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

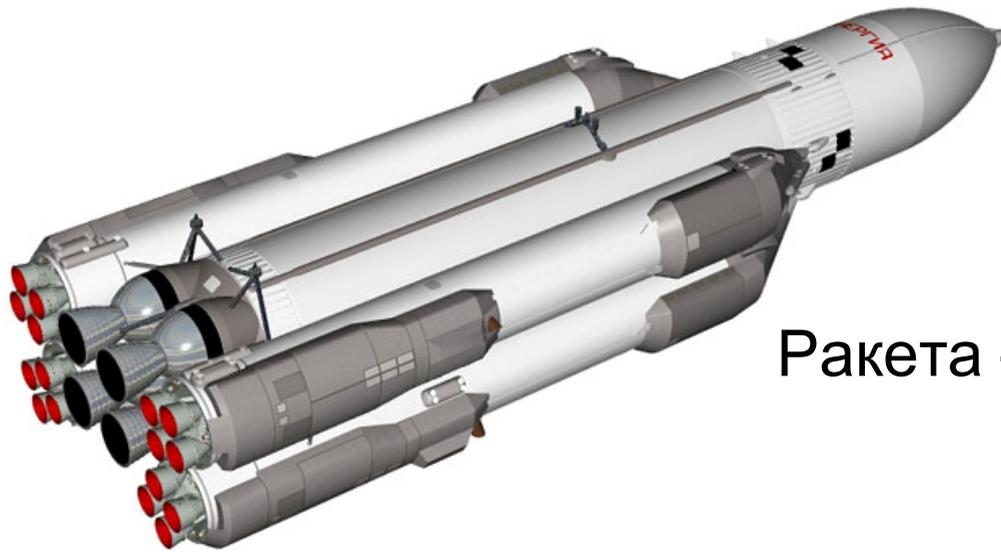
Научное исследование



Масштабы нашего мира - скорость



Сокол сапсан – 90 м/с,
или 320 км/ч



Ракета – 8-12 км/с

Скорость света – 300 000 км/с

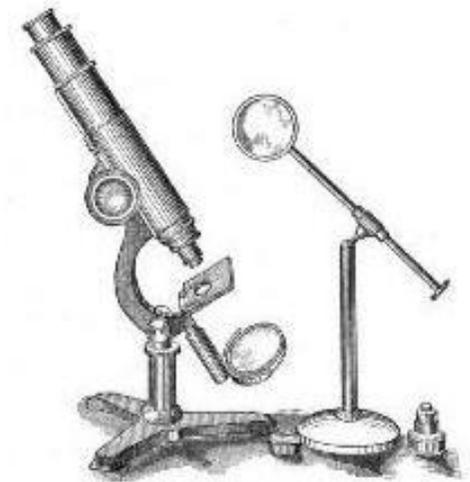


Масштабы нашего мира – размеры и расстояния



Размер отдельных клеток 0.5-100 мкм
Увидеть можно только самые крупные

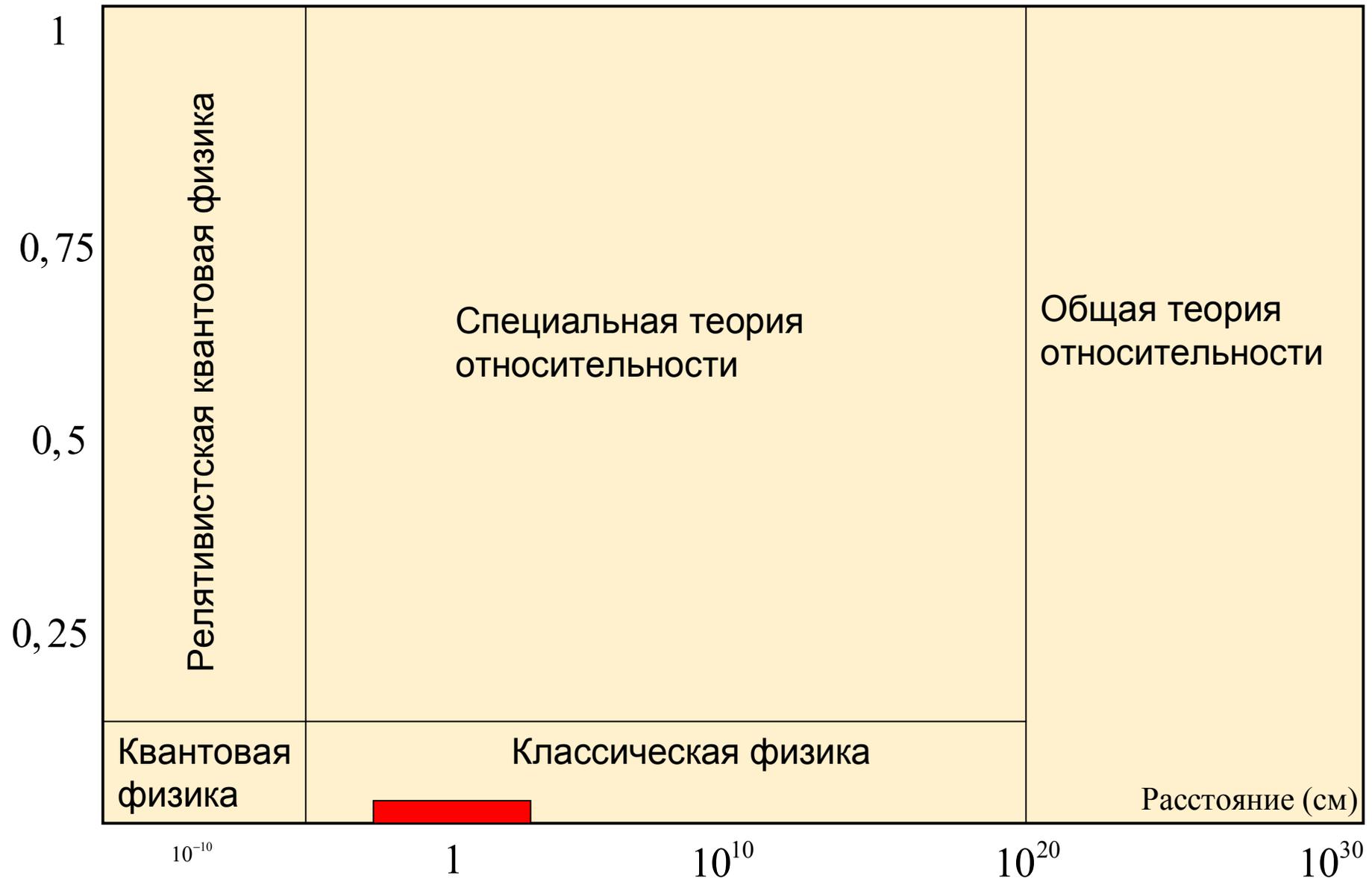
Стадо слонов можно разглядеть на
расстоянии ~10 км

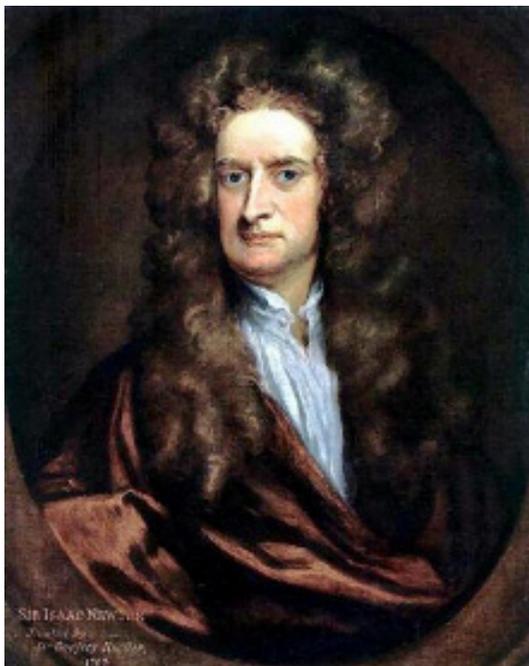


Один из первых микроскопов,
1876 г.

Явления повседневной жизни

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





Исаак Ньютон
1642 – 1727

Закон всемирного тяготения

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

И. НЬЮТОН

Законы Ньютона

1. Закон инерции

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

2. Ускоренное движение

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

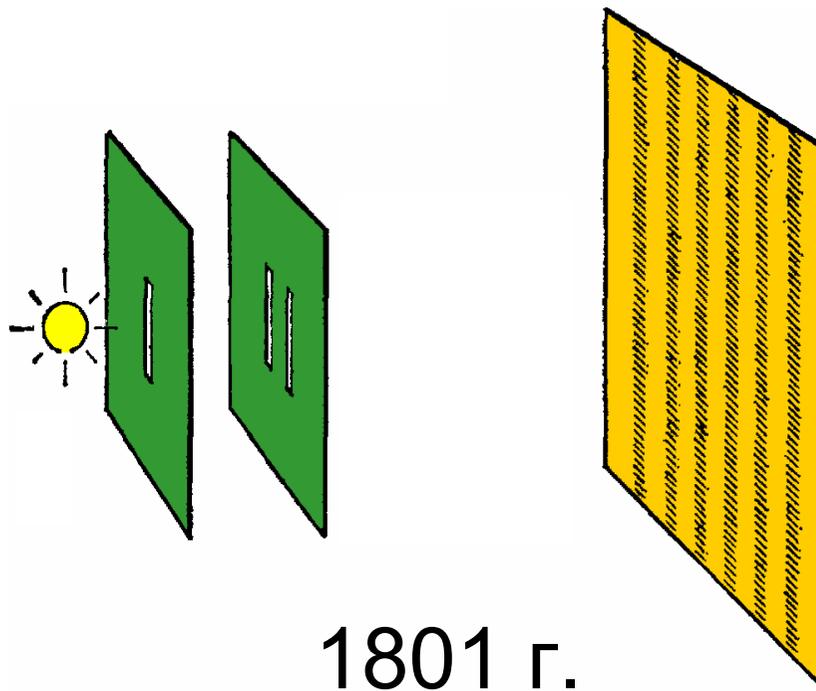
3. Если тело 1 действует на тело 2 с какой-либо силой, то тело 2 действует на тело 1 с равной противоположно направленной силой

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

Волновая теория света



Томас Юнг
1773 - 1829



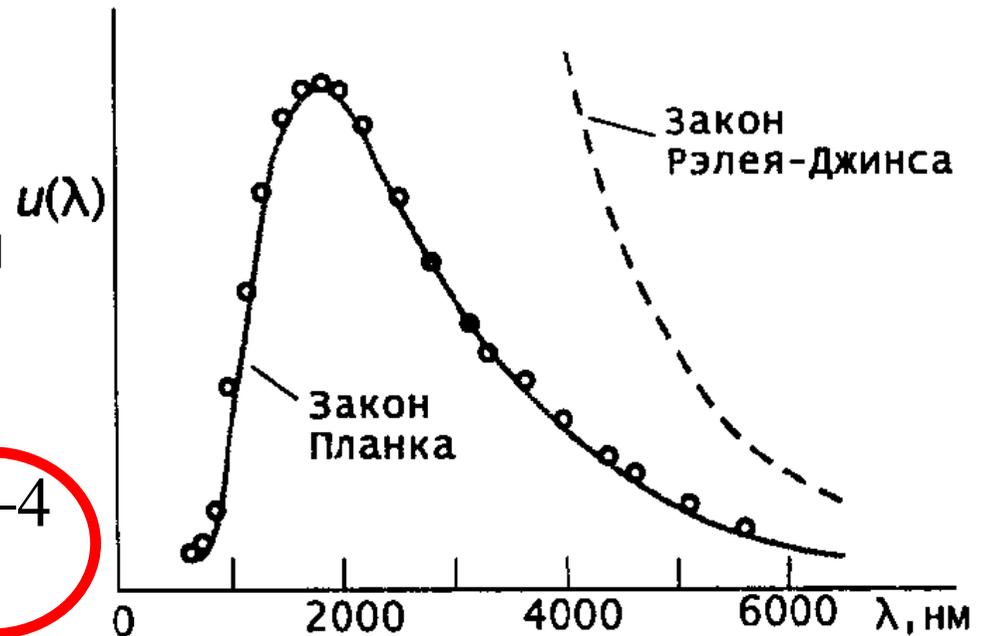
1801 г.

В опыте Юнга свет от источника проходил через непрозрачный экран с двумя близко расположенными щелями. Изображение на заднем экране состоит из нескольких интерференционных полос, что наглядно демонстрирует волновую природу света. Если закрыть одну из щелей интерференционная картина исчезнет.

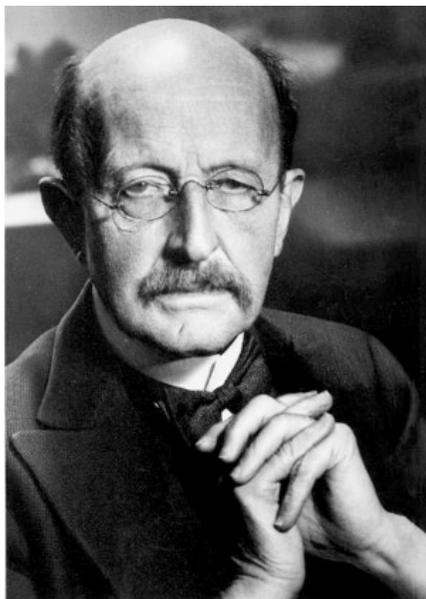
Излучение черного тела

Зависимость плотности энергии от длины волны излучения в классической физике описывается законом Рэлея–Джинса.

$$u(T, \lambda) = 8\pi kT \lambda^{-4}$$



Расхождение между экспериментальной зависимостью и описанием в классической физике коротковолновой части спектра получило название ультрафиолетовой катастрофы



Макс Планк
1858 - 1947

Формула Планка

$$u(T, \lambda) = 8\pi kT\lambda^{-4}$$

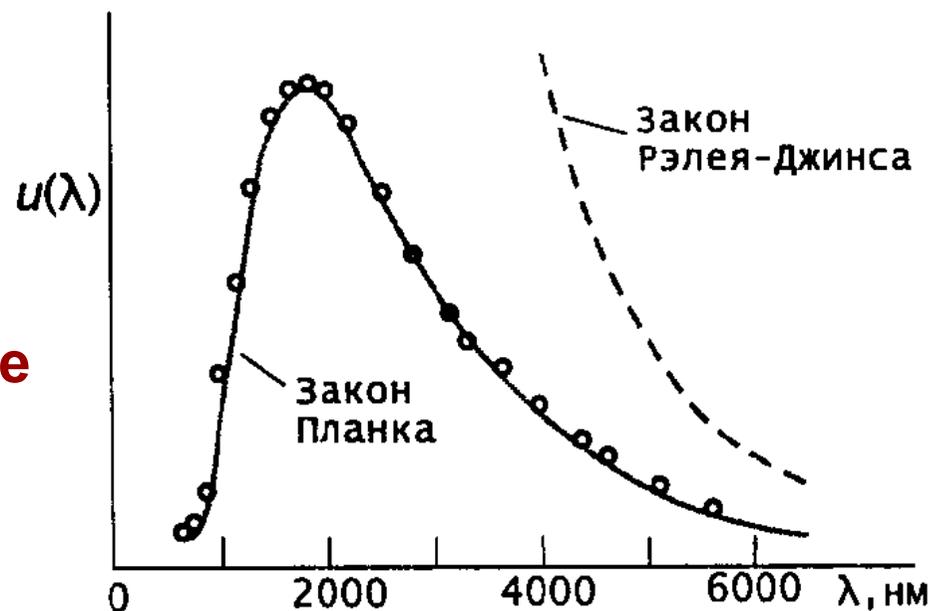
1900 г.



$$u(T, \lambda) = 8\pi h c \lambda^{-5} \frac{1}{\exp(hc/\lambda kT) - 1}$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 6.58 \cdot 10^{-22} \text{ МэВ} \cdot \text{с}$$

Нобелевская премия по физике
1918 г. – М. Планк.
За открытие кванта энергии



Формула Планка

Если излучение происходит отдельными квантами, то энергия электромагнитной волны с частотой ν не может быть произвольной как считается в классической физике, а должна принимать значения

$$E = n h \nu, \quad n = 1, 2, \dots$$

При $h \rightarrow 0$ распределение Планка переходит в классическую формулу Рэлея – Джинса.

Фотоэффект



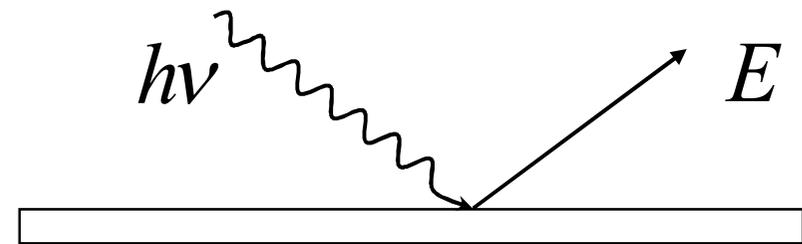
1887 г. Г. Герц, А. Столетов.



1905 г. А. Эйнштейн.

$$E = h\nu - W$$

W - работа выхода электронов



Фотоэффект

- Число высвобождаемых электронов прямо пропорционально интенсивности падающего света.
- Максимальная кинетическая энергия электронов E зависит от частоты ν и не зависит от интенсивности падающего света.
- Энергия электронов E является линейной функцией частоты падающего света ν .
- Существует граничная частота света ν_0 , ниже которой фотоэффект невозможен.

Нобелевская премия по физике

1921 г. – А. Эйнштейн.

За вклад в теоретическую физику и в особенности за открытие закона фотоэлектрического эффекта

Фотоэффект и измерение постоянной Планка

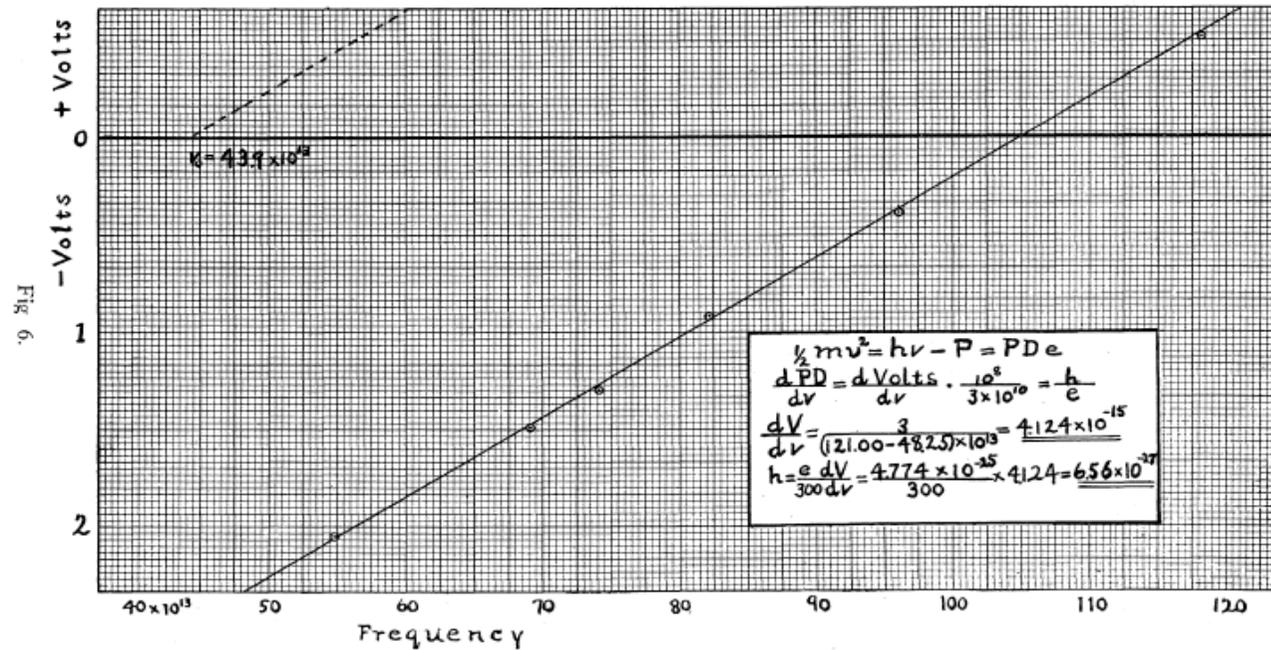


Р. А. Милликен
1868 - 1953

A Direct Photoelectric Determination of Planck's "h"

R. A. Millikan

Phys. Rev. 7, 355 – Published 1 March 1916



Нобелевская премия по физике

1923 г. – Роберт Милликен .

За работы в области фотоэлектрического эффекта и за измерения заряда электрона.

Волновые свойства частиц

1924 г. Луи де Бройль. «Когда закончилась первая мировая война, я много размышлял о квантовой теории и о корпускулярно-волновом дуализме. Именно тогда меня осенила блестящая идея. Корпускулярно-волновой дуализм Эйнштейна носит всеобщий характер и распространяется на все объекты».

Соотношения де Бройля

$$\nu = \frac{E}{h} \quad \lambda = \frac{h}{p}$$

В случае фотонов аналогичные соотношения следуют из условия квантовая энергии и релятивистской связи между энергией и импульсом для частиц с нулевой массой покоя.

$$E = cp = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Волны материи



Луи де Бройль
1892 - 1987

1924 г . Корпускулярно-волновой дуализм

$$E = \hbar\omega, \quad p = \frac{\hbar}{\lambda}$$

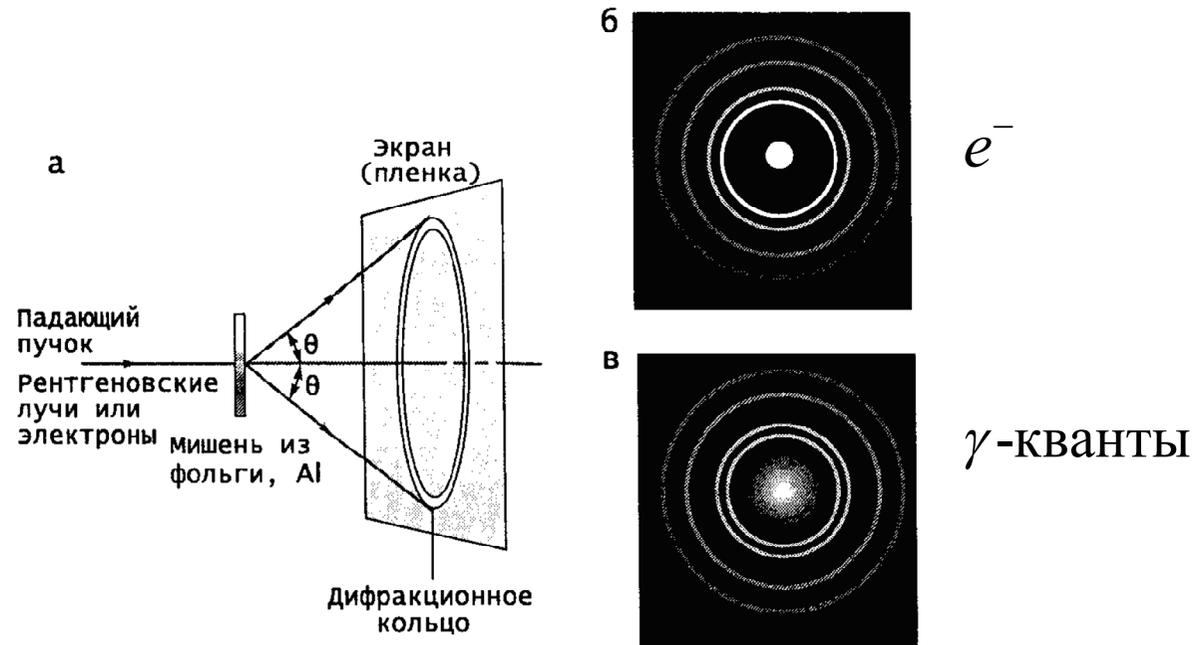
Нобелевская премия по физике

1929 г. – Л. де Бройль

За открытие волновой природы электрона

Проверка гипотезы де Бройля

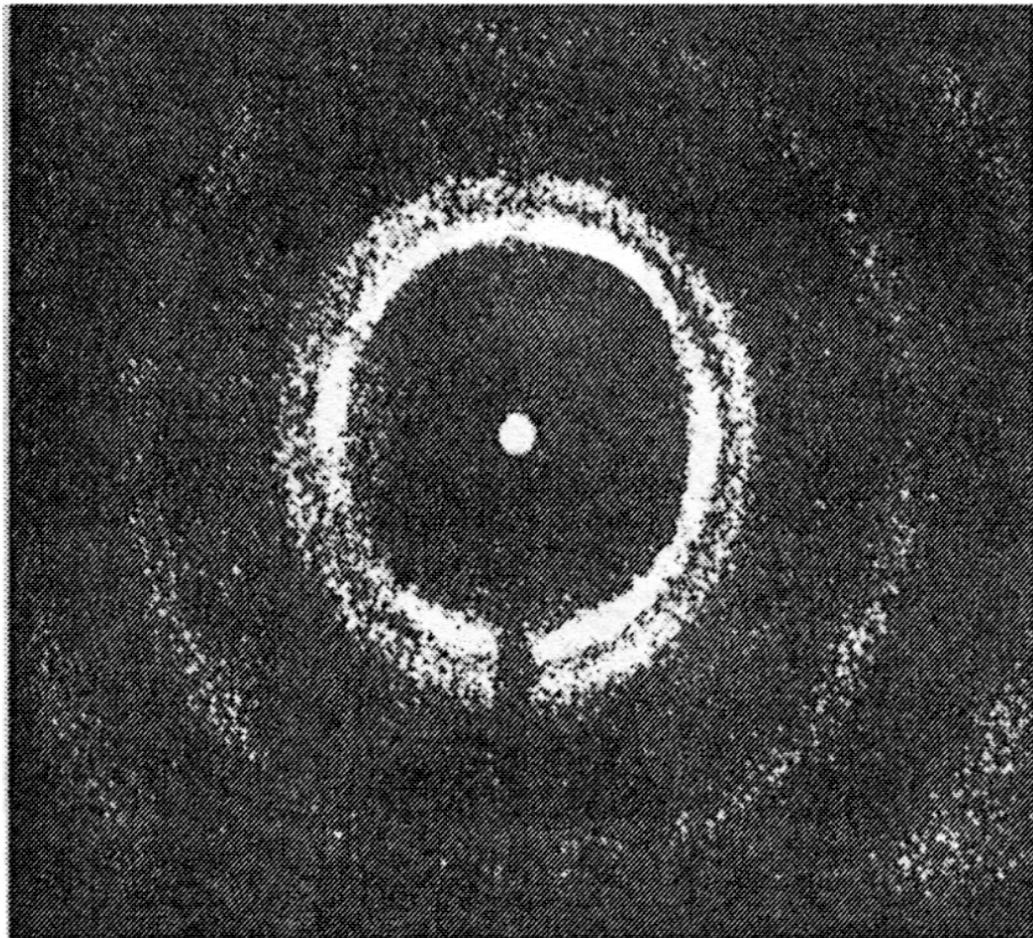
1927 г. Опыты Дж. П. Томсона.



(а) Схема установки для наблюдения дифракции на поликристаллической алюминиевой мишени. (б) Дифракционная картина, полученная при рассеянии рентгеновских лучей с длиной волны 0,071 нм на мишени из алюминиевой фольги. (в) Дифракционная картина, полученная при рассеянии электронов с энергией 600 эВ (длина волны де Бройля равна примерно 0,05 нм) на мишени из алюминиевой фольги. Эта дифракционная картина была увеличена в 1,6 раза для удобства сравнения с (б).

Дж. П. Томсон исследовал прохождение электронов через тонкую алюминиевую мишень и также наблюдал интерференционную картину, соответствующую волновой природе электронов.

Рассеяние нейтронов на атомных ядрах



$$\sigma = \pi(R + \lambda)^2$$

Дифракционная картина при рассеянии нейтронов с энергией 0,0568 эВ (длина волны де Бройля составляет 0,120 нм) на поликристаллической мишени из меди. Обратите внимание на сходство дифракционных картин для рентгеновских лучей, электронов и нейтронов.

Квантовая механика

Экспериментальное подтверждение идеи корпускулярно-волнового дуализма привело к пересмотру привычных представлений о движении частиц и способе описания частиц. **Для классических** материальных точек характерно движение **по определенным траекториям**, так, что их координаты и импульсы в любой момент времени точно известны. **Для квантовых** частиц это утверждение неприемлемо, так как для квантовой частицы импульс частицы связан с ее длиной волны, а говорить о длине волны в данной точке пространства бессмысленно.

Соотношение неопределенностей Гейзенберга

Для квантовой частицы нельзя одновременно точно определить значения ее координат и импульса. Если частица занимает точно определенное положение в пространстве, то ее импульс полностью неопределен и наоборот, частица с определенным импульсом имеет полностью неопределенную координату.

Неопределенность в значении координаты частицы и неопределенность в значении компоненты импульса частицы связаны соотношением неопределенности, установленным В. Гейзенбергом в 1927 году.

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \approx \hbar$$

Соотношение неопределенностей Гейзенберга

Из принципа неопределенности следует, что в области квантовых явлений неправомерна постановка некоторых вопросов, вполне естественных для классической физики. Так, например, не имеет смысла говорить о движении частицы по определенной траектории. Необходим принципиально новый подход к описанию физических систем. Не все физические величины, характеризующие систему, могут быть измерены одновременно. В частности, если время жизни некоторого состояния равно Δt , то неопределенность величины энергии этого состояния ΔE не может быть меньше $\Delta E/\hbar$.

$$\Delta E \cdot \Delta t \approx \hbar$$



В. Гейзенберг
1901 - 1976

Квантовая механика

1925 г.

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar/2$$

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar/2$$

Нобелевская премия по физике
1932 г. - В. Гейзенберг.
За создание квантовой механики



Макс Борн
1882 - 1970

Волновая функция

В квантовой физике состояние системы описывается волновой функцией. Так как для квантовой частицы нельзя одновременно точно определить значения ее координат и импульса, то не имеет смысла говорить о движении частицы по определенной траектории в пространстве. Можно определить только вероятность нахождения частицы в данной точке в данный момент времени, которая определяется квадратом модуля волновой функции

$$W \sim |\psi(x, y, z, t)|^2 dV$$

Нобелевская премия по физике

1954 г. – М. Борн.

За фундаментальные исследования в квантовой механике, в особенности за статистическую интерпретацию волновой функции

Квантовый мир

- Корпускулярно-волновой дуализм

- Соотношения неопределенностей Гейзенберга

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar/2$$

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar/2$$

- Волновая функция

$$\psi(\vec{r}, t)$$