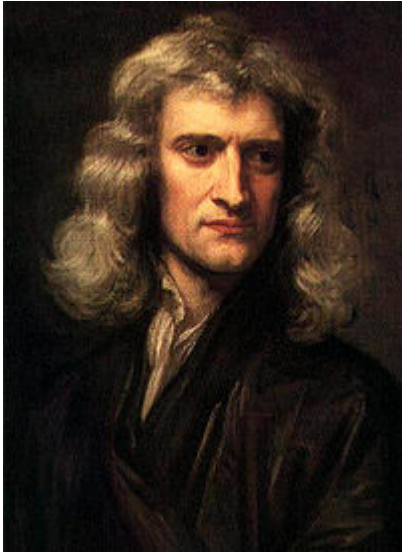


Введение в квантовую физику. План первых лекций.

Представления о материи в классической физике. Частицы и поля. Экспериментальные свидетельства недостаточности классического описания, приведшие к появлению квантовой физики. Ультрафиолетовая катастрофа. Фотоэффект. Проблема строения и стабильности атома. Гипотеза де Бройля. Описание состояния системы в квантовой теории. Принцип неопределенности.

Исаак Ньютон



1642 -1726

Англия, Тринити-колледж



Ньютон заложил основы механики, оптики, теории тяготения, небесной механики, открыл и далеко продвинул математический анализ. Сторонник корпускулярной теории света.

“Если свет - волновое движение, то должна существовать механическая среда - жидкость, в которой волны распространяются, и она должна заполнять и все мировое пространство. Но тогда движение светил должно встречать сопротивление, которое, однако (согласно законам механики), фактически отсутствует.”

Пьер Луи де Мопертюи



Астроном и геодезист. Ввел в механику принцип наименьшего действия.

П. МОПЕРТЮИ

ЗАКОНЫ ДВИЖЕНИЯ И ПОКОЯ, ВЫВЕДЕННЫЕ ИЗ МЕТАФИЗИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА [13]

Принцип, на котором основан нижеследующий Труд, я сформулировал 15 апреля 1744 г. в публичном Собрании Парижской Королевской Академии наук, о чем свидетельствуют Акты этой Академии.

Общий Принцип

Когда в природе происходит некоторое изменение, Количество Действия, необходимое для этого изменения, является наименьшим возможным.

Количество Действия есть произведение Массы Тел на их скорость и на расстояние, которое они пробегают. Когда Тело перемещается из одного места в другое, Действие тем больше, чем больше Масса, чем быстрее скорость и чем длиннее расстояние, которое оно проходит.

1698 -1759

Член Парижской
и Берлинской
академий наук

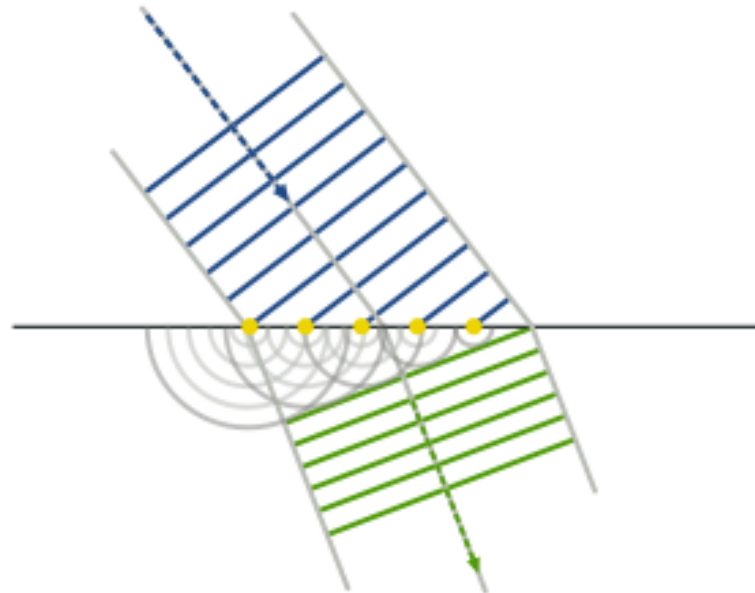
Христиан Гюйгенс



1629 - 1695

Нидерланды, Гаага

Свет - это волна, которая распространяется в упругой среде – эфире. Огибающая волн от вторичных источников образует волновую поверхность.



Томас Юнг



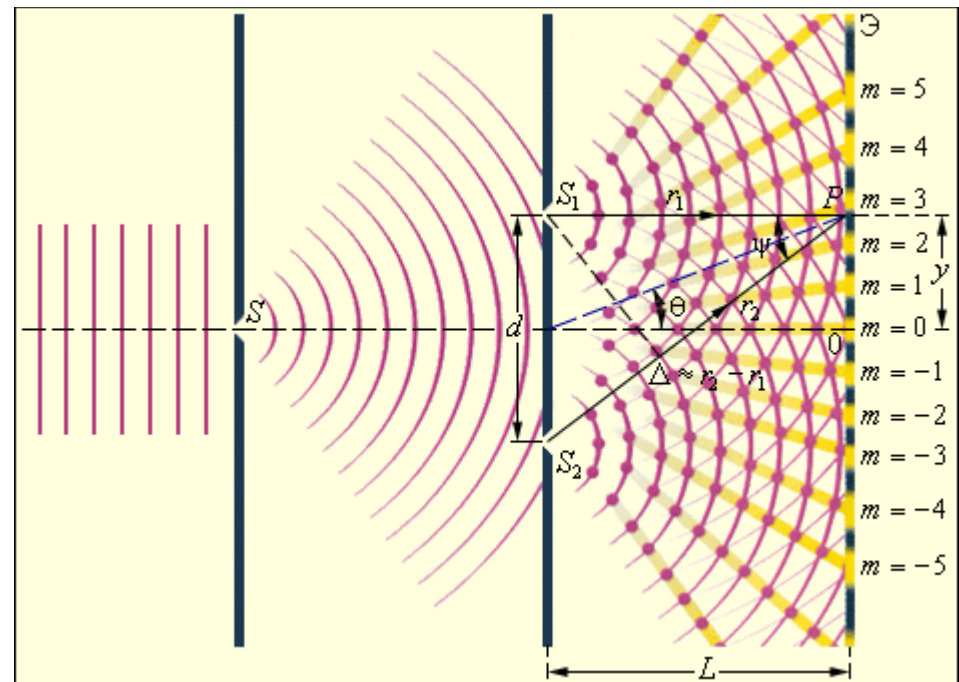
1773 - 1829

Англия

[Схема опыта Юнга](#)

[Моделирование: звук](#)
[two source interference](#)

Один из создателей волновой теории света. Впервые рассмотрел проблему суперпозиции (интерференции) волн. Автор гипотезы о поперечности световых колебаний и RGB зрения.



Огюстен Жан Френель



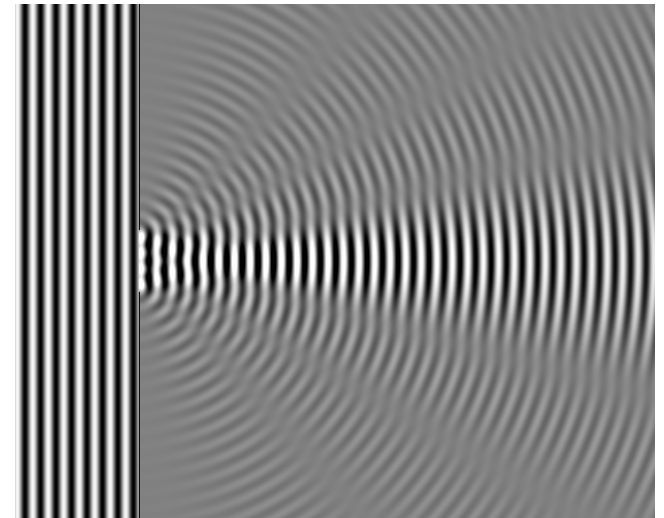
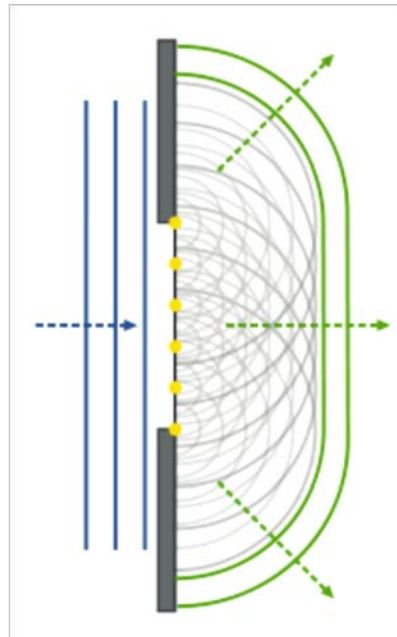
1788-1827

Франция,
Политехническая школа

[Дифракция на одной щели](#)

[Моделирование](#)
[Wave Interference](#)

Дифракция света – результат интерференции вторичных волн. Свет может огибать препятствие, если размер препятствия сравним с длиной волны света.



Майкл Фарадей



1791 - 1867

Англия
Королевский институт

[Моделирование](#)
[Faraday's Electromagnetic Lab](#)

Цель - «Превратить магнетизм в электричество».

В 1831 г. Фарадей экспериментально открыл явление электромагнитной индукции — возникновение электрического тока в проводнике, движущемся в магнитном поле. Фарадей также дал математическое описание этого явления.

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

Джеймс Клерк Максвелл



В 1864 году впервые опубликовал полную систему уравнений классической электродинамики. Установил электромагнитную природу света.

$$\operatorname{div}\mathbf{E} = 0$$

$$\operatorname{rot}\mathbf{E} = -\frac{d\mathbf{B}}{dt}$$

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

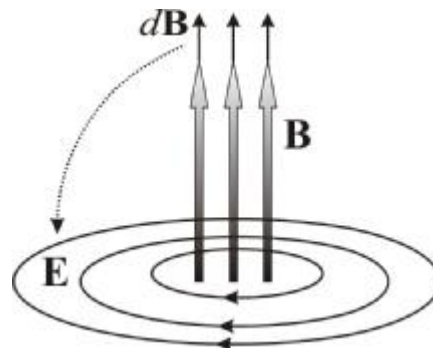
$$\operatorname{rot}\mathbf{H} = \frac{d\mathbf{D}}{dt}$$

1831 - 1879

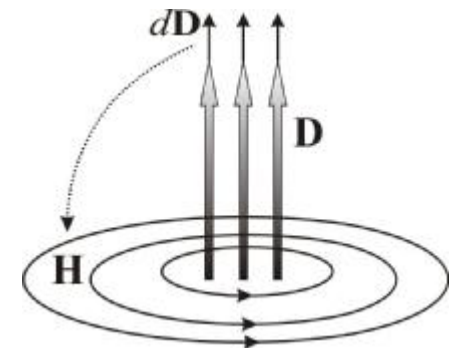
Англия

Эдинбургский университет
Кембриджский университет

$$c \cancel{m} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \text{ /}$$

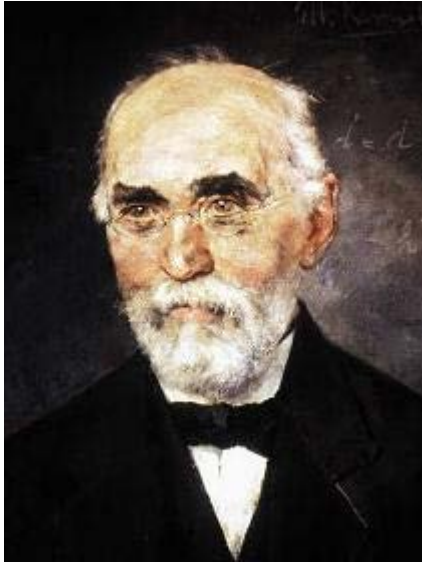


$$\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H}$$



$$\mathbf{D} = \epsilon_0 \mathbf{E}$$

Хендрик Антон Лоренц



1853 - 1928

Нидерланды

Лейденский университет

Нобелевская премия по физике

1902

Сформулировал самосогласованную теорию электричества, магнетизма и света. Ввел понятие о силе (Лоренца), действующей на заряд, движущийся в магнитном поле.

Развил теорию о преобразованиях состояния движущегося тела в теории относительности (преобразования Лоренца, сокращение Лоренца - Фицджеральда).

$$P = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2e^2}{3c^3} a^2$$

Мощность излучения электрона, движущегося с ускорением a

Представления о материи в классической физике

Две концепции классической физики: частица и волна

Частица –

материальная точка, движущаяся по законам механики Ньютона, (Гамильтона, Лагранжа)

$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{F}$$

Свободная частица

$$\vec{F} = 0$$

$$x(t) = x_0 + v_0 t$$

Электромагнитная волна –

подчиняется уравнениям Максвелла

$$\operatorname{div} \mathbf{E} = 0$$

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

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

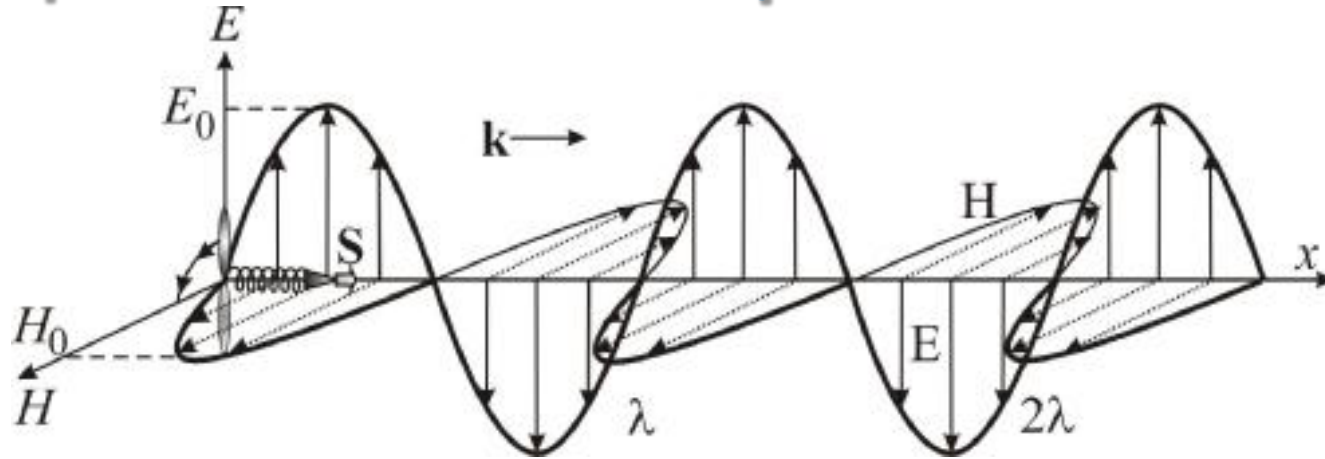
$$\operatorname{rot} \mathbf{H} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$$

$$\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H} \quad \mathbf{D} = \varepsilon_0 \mathbf{E} \quad \text{см} \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 /$$

Волновое уравнение

$$\frac{\partial^2 \vec{\mathbf{E}}(x, t)}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 \vec{\mathbf{E}}(x, t)}{\partial x^2}$$

Решение волнового уравнения: бегущая плоская электромагнитная волна



$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 \sin(\omega t - kx)$$

$$\mathbf{S} = [\mathbf{E}\mathbf{H}]$$

$$\mathbf{H} = \mathbf{H}_0 \sin(\omega t - kx)$$

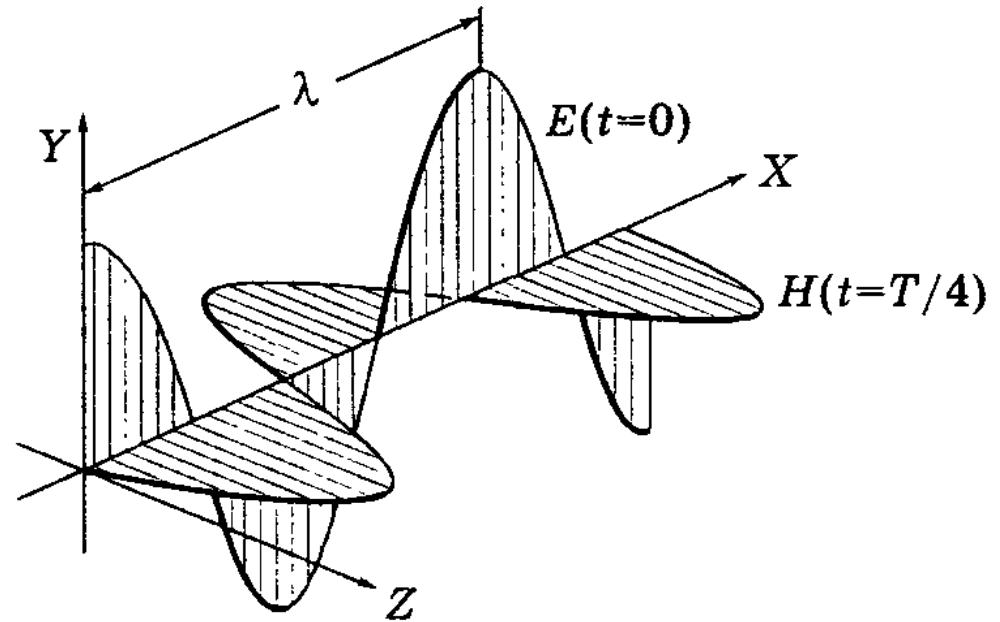
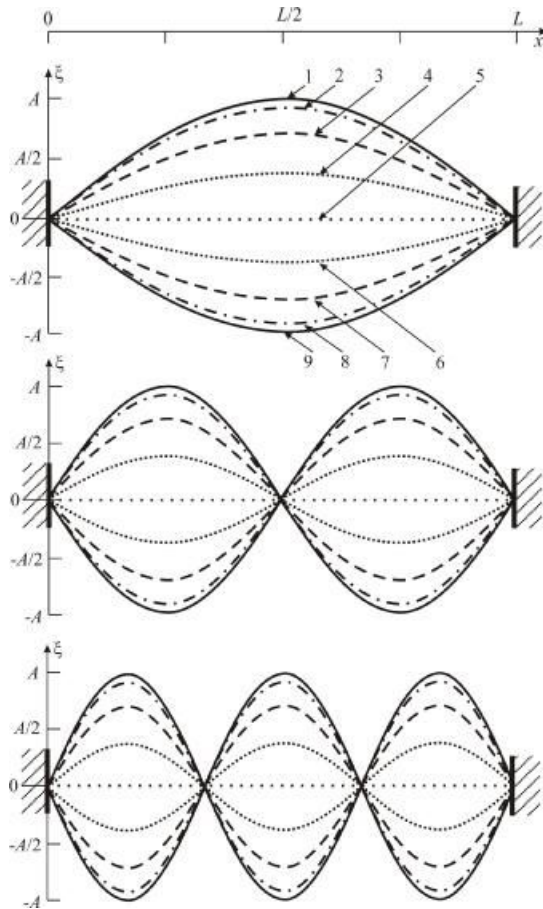
$$I = \langle S \rangle = \frac{1}{2} c \varepsilon_0 E_0^2 = c \rho_E$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} \quad c = \frac{\omega}{k}$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$$

Инфинитное движение (нет границ) - непрерывный спектр частот.

Решение волнового уравнения: стоячая электромагнитная волна



$$\vec{E}(L, t) = \vec{E}_0 \text{Sin}(kL) \text{Cos}(\omega t)$$

$$\vec{E}(x, t) = \vec{E}_0 \text{Sin}(kx) \text{Cos}(\omega t)$$

$$\frac{\lambda_n}{2} n = L \quad k_n = \frac{2\pi}{\lambda_n}$$

Финитное движение (есть границы) - дискретный спектр частот.

Экспериментальные свидетельства недостаточности классического описания, приведшие к появлению квантовой физики

Ультрафиолетовая катастрофа (1900).

Фотоэффект (1905).

Проблема строения и стабильности атома (1913).

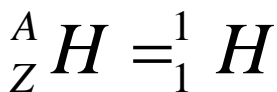
Эффект Комптона (1922).

Корпускулярно-волновой дуализм (1924-27)

Гипотеза де Бройля, опыты Дэвиссона-Джермера и Томсона.

Порядки физических величин в квантовой физике

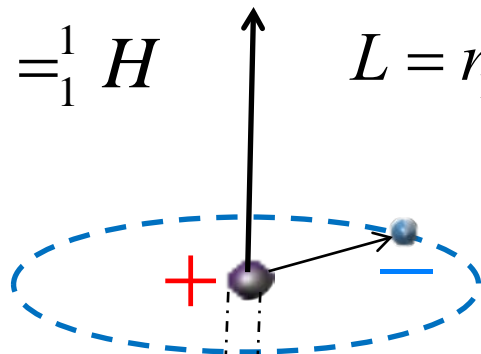
Атом водорода



Момент импульса

$$L = r_1 p = \hbar = 1.05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

$$\text{СИ} : e^2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} e^2$$



$$r_1 = a_0 \approx 0.53 \cdot 10^{-10} \text{ м} \quad \text{Первый Боровский радиус}$$

$$E \text{ в } \text{эВ} \quad \frac{p^2}{2m} - \frac{e^2}{r_1} = -13.6 \quad \text{Энергия основного состояния}$$

$$R_{\text{ядра}} \approx r_0 A^{1/3}$$

$$r_0 \approx 1.2 \cdot 10^{-15}$$

$$10^{-15} \text{ м} = 1 \text{ Ферми}$$

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar \quad r \approx \Delta x \quad p \approx \Delta p$$

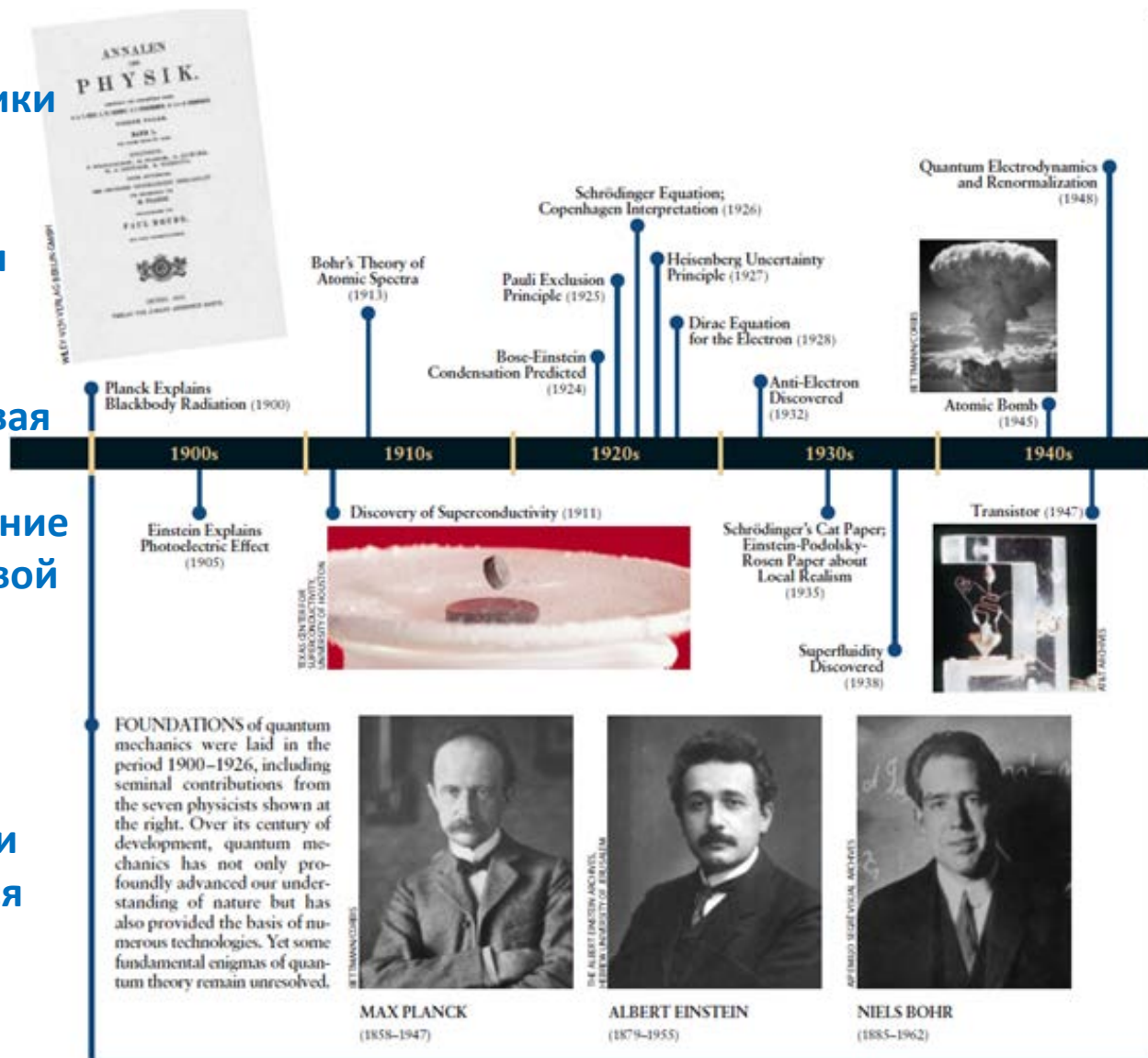
$$E(r) = \frac{\hbar^2}{r^2 2m} - \frac{e^2}{r} \Rightarrow \frac{dE}{dr} = -\frac{\hbar^2}{r^3 m} + \frac{e^2}{r^2} = 0$$

$$r_1 = a_0 = \frac{\hbar^2}{e^2 m} \approx 0.53 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$

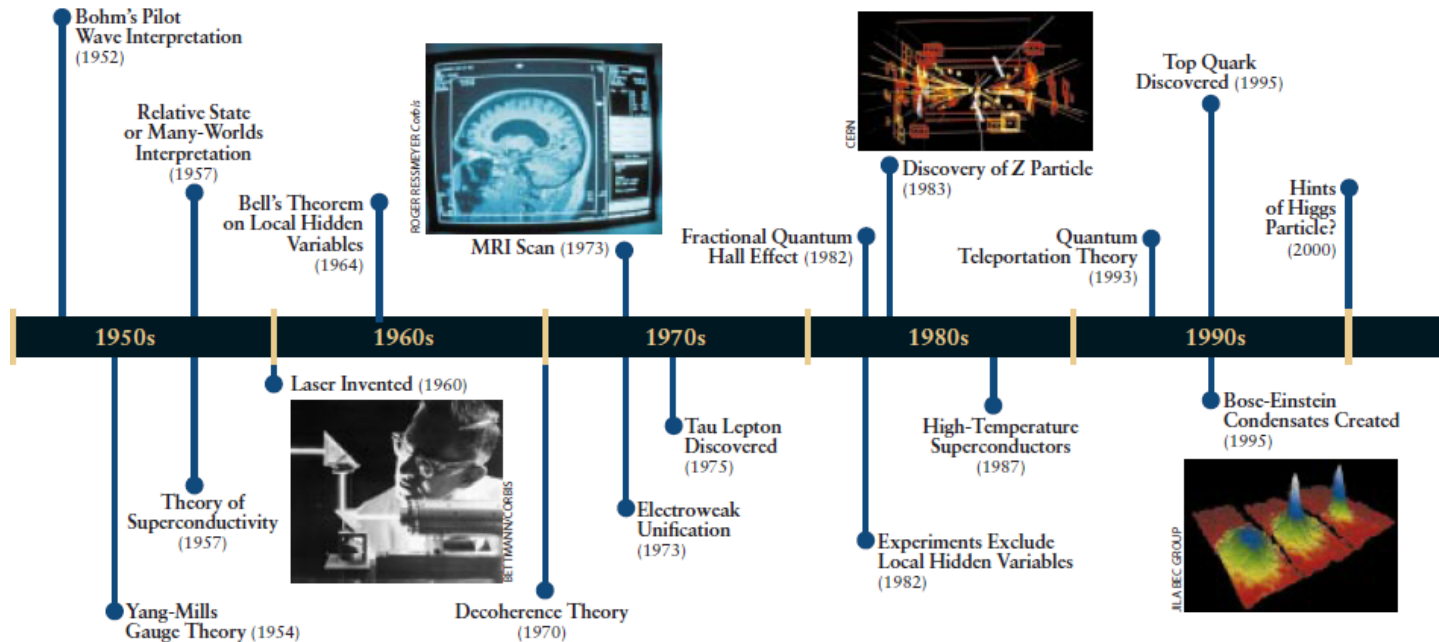
История развития квантовой физики

Основы квантовой механики были заложены в период 1900-1927, в результате усилий блестящей плеяды ученых разных стран. За более чем вековую историю развития квантовая физика не только глубоко продвинула наше понимание природы, но и стала основой для многочисленных современных технологий.

Тем не менее, некоторые фундаментальные загадки квантовой теории остаются нерешенными.



История развития квантовой физики



LOUIS DE BROGLIE
(1892–1987)



ERWIN SCHRÖDINGER
(1887–1961)



MAX BORN
(1882–1970)



WERNER HEISENBERG
(1901–1976)