



# ***Современная естественно-научная картина мира***

1. Научная картина мира.
2. Физическая картина мира.
  - 2.1. Механическая и электромагнитная картины мира.
  - 2.2. Эволюция представлений о материи.
  - 2.3. Квантово-полевая картина мира.
3. Современная естественно-научная картина мира.

# 1. Понятие научной картины мира (НКМ)

- ✓ Понятие «НКМ» появилось в естествознании и философии в конце 19 века.
- ✓ Существуют общенаучные картины мира и картины мира с точки зрения отдельных наук - физическая, биологическая и др. картины мира, с точки зрения методов, стилей мышления вероятностно-статистическая, эволюционистская, системная, информационно-кибернетическая, синергетическая и т.п. картины мира.
- ✓ НКМ представляет собой целостную систему представлений об общих свойствах, сферах, уровнях и закономерностях природы, формируя, таким образом, **мировоззрение** человека.
- ✓ НКМ обладает необходимой наглядностью, характеризуется сочетанием абстрактно-теоретических знаний и образов, создаваемых с помощью моделей.

Таким образом, НКМ – это особая форма систематизации знаний, преимущественно качественное их обобщение, мировоззренческий синтез различных научных теорий.

Будем рассматривать научный взгляд на мир, который возник в рамках естественных наук и называется **естественно-научной картиной мира**.

## 2. Физическая картина мира

- ✓ В истории науки научные картины мира не оставались неизменными, а сменяли друг друга.
- ✓ Таким образом, можно говорить об эволюции научных картин мира.
- ✓ Наиболее наглядной представляется эволюция **физических картин мира**.
- ✓ **Физическая картина мира** создается благодаря фундаментальным экспериментальным исследованиям, на которых основываются теории, объясняющие факты и углубляющие наше понимание природы.

## ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

Общее теоретическое знание в физике, которое включает:

- основополагающие философские и физические идеи;
- фундаментальные физические теории;
- основные принципы, законы и понятия ;
- принципы и методы познания

С одной стороны, физическая картина мира есть обобщение всех ранее полученных знаний о природе и определенная степень познания человеком материального мира и его закономерностей

С другой стороны, физическая картина мира есть процесс введения в физику новых основополагающих идей, принципов, понятий и гипотез, которые меняют основы теоретической физики; одна физическая картина заменяется другой.

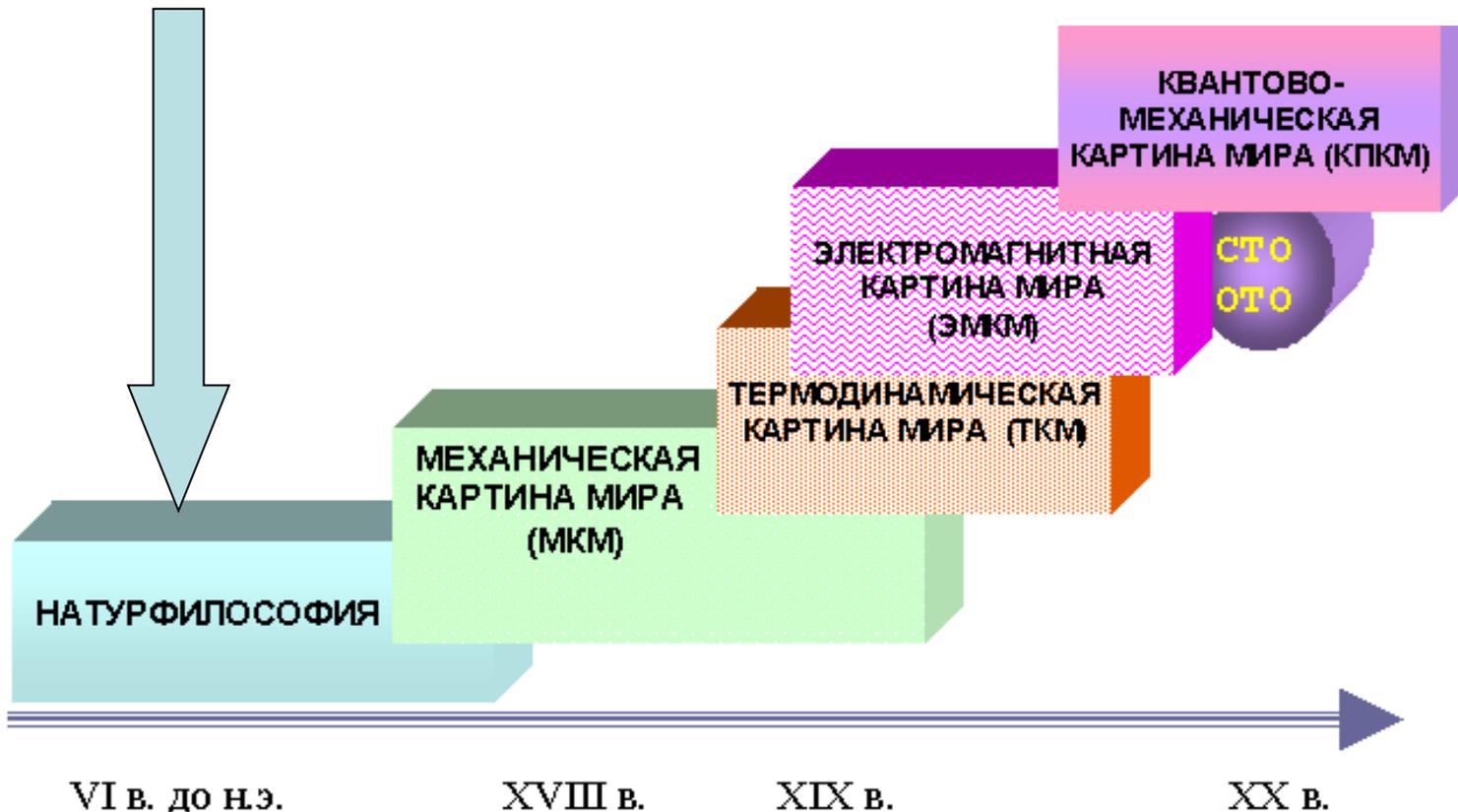
Схема физической картины мира связана со сменой представлений о материи: от атомистических, корпускулярных представлений о материи к полевым, континуальным, а затем к квантовым. Отсюда и три физических картины мира:

**МЕХАНИСТИЧЕСКАЯ,  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ  
И КВАНТОВО – ПОЛЕВАЯ**

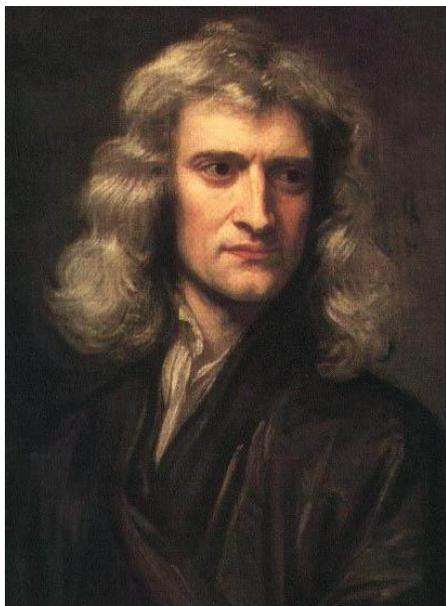
## 2.1. Механическая и электромагнитная картины мира

"Начало Вселенной - атомы и пустота, все же остальное существует лишь во мнении. Миров бесчисленное множество, и они имеют начало и конец во времени. И ничто не возникает из небытия, не разрешается в небытие. И атомы бесчисленны по величине и по множеству, носятся же они во вселенной, кружась в вихре, и таким образом рождается все сложное: огонь, вода, воздух, земля. Дело в том, что последние суть соединения некоторых атомов. Атомы же не поддаются никакому воздействию и неизменяемы вследствие твердости".

**Демокрит ( 300 г. до н.э.) "Малый диакосмос"**



Физическая картина мира (ФКМ)	Примерное время существования	Ученые, внесшие наибольший вклад в развитие ФКМ	Основные законы, теории, принципы
Механическая	XVI—XVIII вв.	Демокрит, Галилей, Декарт, Ньютон	Принцип относительности; законы динамики, закон всемирного тяготения; законы сохранения
Электродинамическая	XIX — начало XX в.	Фарадей, Максвелл, Эйнштейн	Закон Кулона; закон электромагнитной индукции; уравнения Максвелла; специальная теория относительности
Квантово-полевая	Начало XX — середина XX в.	Планк, Эйнштейн, Бор, Резерфорд, де Бройль, Гейзенберг, Шредингер	Гипотеза Планка; идеи Эйнштейна; постулаты Бора; корпускулярно-волновой дуализм



## ЗАКОНЫ МЕХАНИКИ НЬЮТОНА

### *Первый закон Ньютона*

Всякая материальная точка (тело) сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока воздействие со стороны других тел не заставит ее изменить это состояние.

### *Второй закон Ньютона*

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

Ускорение, приобретаемое материальной точкой (телом), пропорционально вызывающей его силе и обратно пропорционально массе материальной точки (тела):

### *Третий закон Ньютона*

$$F_{12} = - F_{21}$$

Всякое действие материальных точек (тел) друг на друга носит характер взаимодействия; силы, с которыми действуют друг на друга материальные точки, всегда равны по модулю, противоположно направлены и действуют вдоль прямой, соединяющей эти точки, где  $F_{12}$  - сила, действующая на первую материальную точку со стороны второй;

$F_{21}$  - сила, действующая на вторую материальную точку со стороны первой. Эти силы приложены к разным материальным точкам (телам), всегда действуют парами и являются силами одной природы.

### *Закон всемирного тяготения*

$$F = -\gamma \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

где  $\gamma$  – гравитационная постоянная.

Сила тяготения прямо пропорциональна произведению масс обоих взаимодействующих тел и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

**Исаак Ньютон (1643-1727)**

## МЕХАНИСТИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

Формируется на основе:

- механики Леонардо да Винчи (1452–1519),
- гелиоцентрической системы Н. Коперника (1473–1543),
- экспериментального естествознания Г. Галилея (1564–1642),
- законов небесной механики И. Кеплера (1571 –1630),
- механики И. Ньютона(1643-1727)

### Характерные особенности

В рамках механистической картины мира сложилась дискретная (корпускулярная) модель реальности:

- материя - вещественная субстанция, состоящая из атомов или корпускул;
- атомы абсолютно прочны, неделимы, непроницаемы, характеризуются наличием массы и веса

Концепция абсолютного пространства и времени:

- пространство трехмерно, постоянно и не зависит от материи;
- время не зависит ни от пространства, ни от материи;
- пространство и время никак не связаны с движением тел, они имеют абсолютный характер

Все механические процессы подчиняются принципу детерминизма. Случайность исключается из картины мира

Движение - простое механическое перемещение. Законы движения - фундаментальные законы мироздания. Тела двигаются равномерно и прямолинейно, а отклонения от этого движения есть действие на них внешней силы (инерции).

Мерой инерции является масса. Универсальным свойством тел является сила тяготения, которая является далекодействующей

Принцип далекодействия - взаимодействие между телами происходит мгновенно на любом расстоянии, т. е. действия могут передаваться в пустом пространстве с какой угодно скоростью

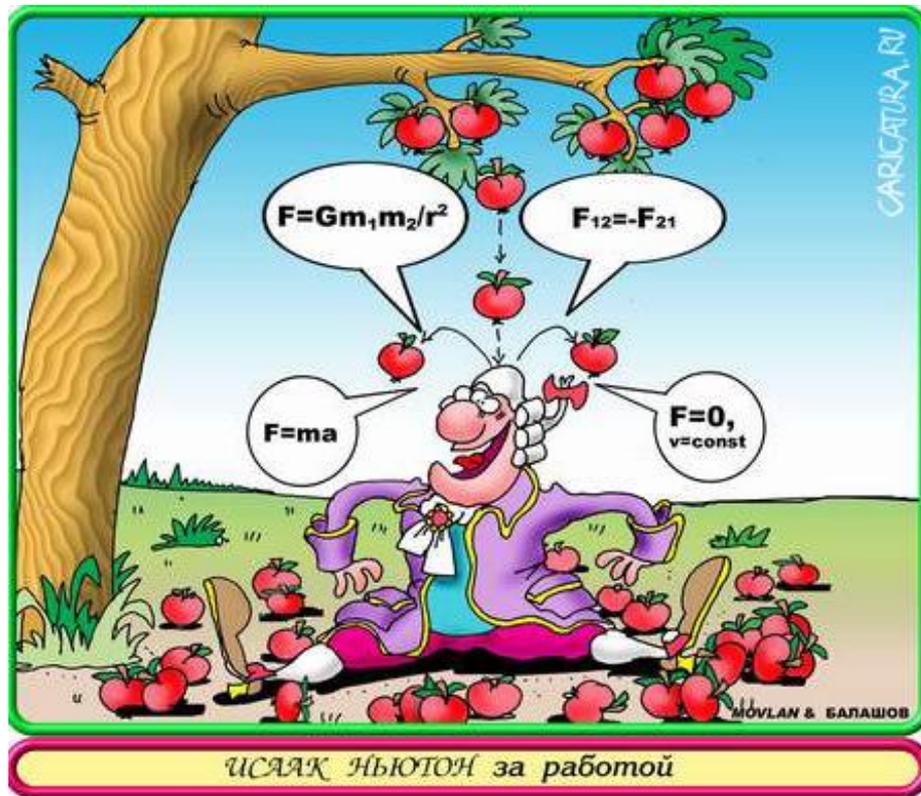
Тенденция сведения закономерностей высших форм движения материи к закономерностям простейшей его формы - механическому движению

На основе механистической картины мира в XVIII - начале XIX вв. была разработана земная, небесная и молекулярная механика. Макромир и микромир подчинялись одним и тем же механическим законам. Это привело к абсолютизации механистической картины мира. Она стала рассматриваться в качестве универсальной

# Механическая картина мира (обобщение)

1. Мир в этой картине построен на основе законов механики Ньютона.
2. **Микромир аналогичен макромиру.**
3. Абсолютная неизменность природы – отсутствует развитие.
4. Все причинно-следственные связи – однозначные. Если известны начальные данные системы, то можно точно предсказать ее будущее.

*“Всякое имеющее место явление связано с предшествующим на основании того очевидного принципа, что оно не может возникнуть без производящей причины. Противоположное мнение есть иллюзия ума.” Лаплас Пьер-Симон (1749-1827).*



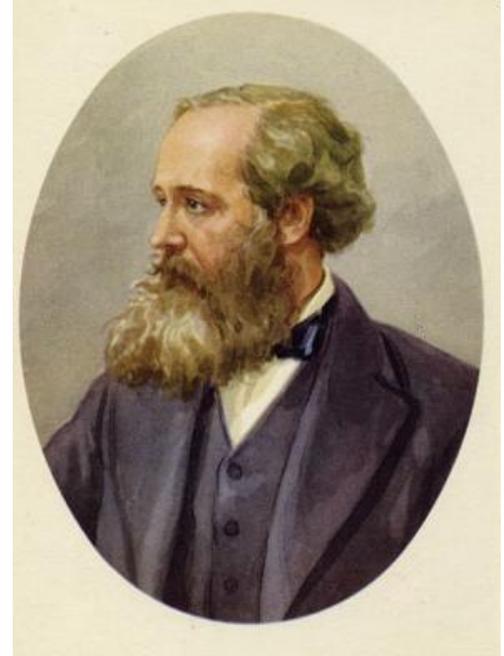
ИСАЯК НЬЮТОН за работой

# Электромагнитная картина мира

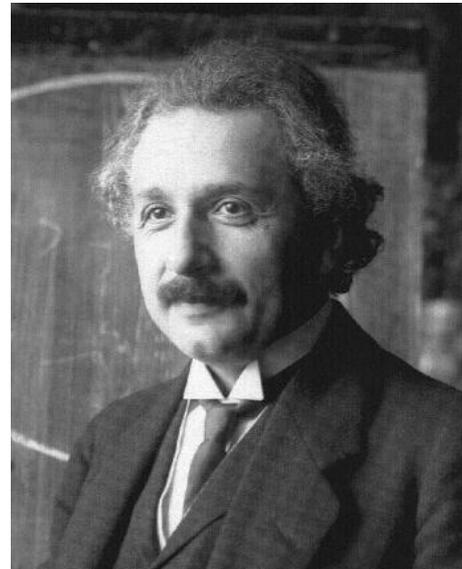
**ФАРАДЕЙ, МАЙКЛ**  
(1791–1867)



**МАКСВЕЛЛ, Джеймс Клерк** ( 1831 - 1879 )



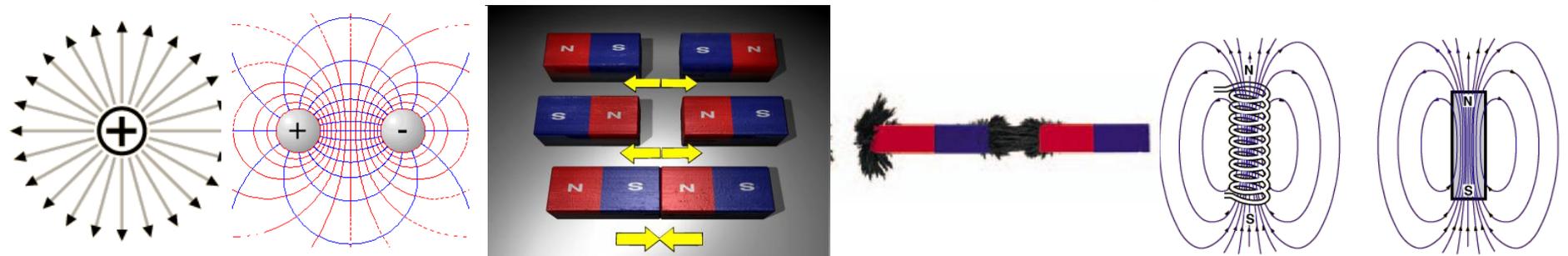
**ЛОРЕНЦ, Хендрик**  
(1853– 1928)



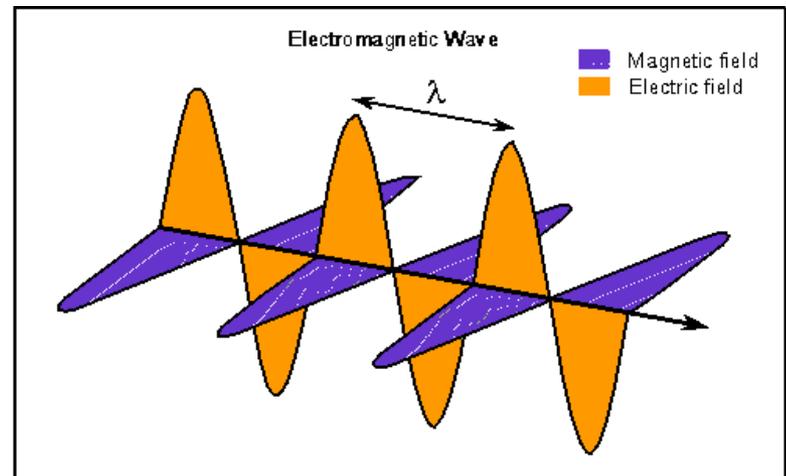
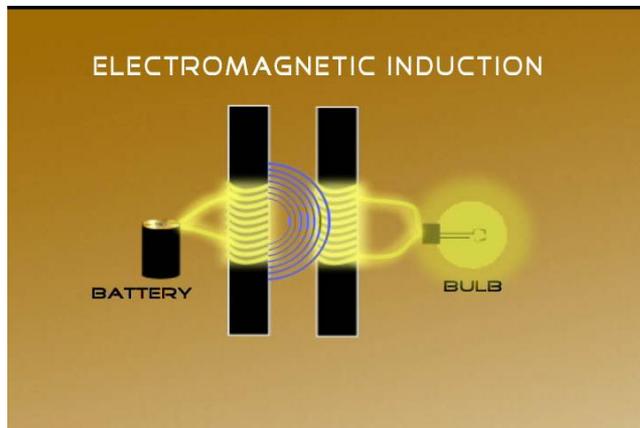
**ЭЙНШТЕЙН, Альберт**  
(1879– 1955)

## 2.2. Электромагнитная картина мира

1. В конце 19-го - начале 20-го века опытным путем было установлено, что электрический заряд состоит из целого числа элементарных зарядов  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  Кл.
2. В 1897 г. Дж. Томсоном был открыт носитель элементарного отрицательного заряда (электрон, имеющий массу покоя  $m_0 = 9,1 \times 10^{-31}$ ). Таким образом, электрический заряд является дискретным, т.е. состоящим из отдельных элементарных порций.
3. Исследование взаимодействия зарядов, проводившееся в 19 в., замечательно еще и тем, что вместе с ним в науку вошло понятие поля. Начало этому было положено в работах М. Фарадея. ***Поле неподвижных зарядов получило название электростатического.***
4. Природа магнетизма оставалась неясной до конца 19 в., а электрические и магнитные явления рассматривались независимо друг от друга, пока в 1820 г. датский физик Х. Эрстед не открыл магнитное поле у проводника с током. Так была установлена связь электричества и магнетизма.



6. Исследования английского физика М. Фарадея (1791-1867) придали определенную завершенность изучению электромагнетизма. Зная об открытии Эрстеда и разделяя идею о взаимосвязи явлений электричества и магнетизма, Фарадей в 1821 г. поставил задачу «превратить магнетизм в электричество». Через 10 лет экспериментальной работы он открыл закон электромагнитной индукции.
7. Работая над исследованием электромагнитной индукции, Фарадей приходит к выводу о существовании электромагнитных волн. Позже, в 1831 г. он высказывает идею об электромагнитной природе света.
8. Теорию поля Д. Максвелл разрабатывает в своих трудах «О физических линиях силы» (1861-1865) и «Динамическая теория поля (1864-1865)». В последней работе и была дана система знаменитых уравнений, которые составляют суть теории Максвелла: изменяющееся магнитное поле создает не только в окружающих телах, но и в вакууме вихревое электрическое поле, которое, в свою очередь, вызывает появление магнитного поля. **Таким образом, в физику была введена новая реальность – электромагнитное поле.** Это ознаменовало начало нового этапа в физике - этапа, на котором электромагнитное поле стало реальностью, материальным носителем взаимодействия.

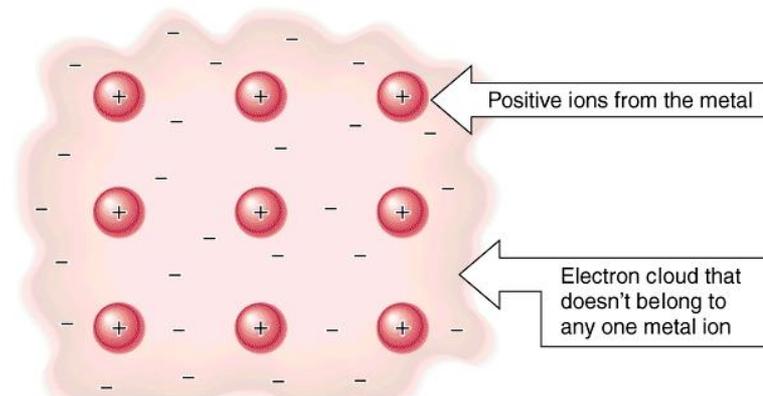


## **Электронная теория Лоренца**

Совместно с немецким физиком Друде Лоренц разработал электронную теорию металлов, которая строится на следующих положениях:

1. В металле есть свободные электроны – электроны проводимости, образующие электронный газ.
2. Остов металла образует кристаллическая решетка, в узлах которой находятся ионы.
3. При наличии электрического поля на беспорядочное движение электронов накладывается их упорядоченное движение под действием сил поля.
4. При своем движении электроны сталкиваются с ионами решетки. Этим объясняется электрическое сопротивление.

Электронная теория позволила количественно описать многие явления, однако в ряде случаев, например, при объяснении зависимости сопротивления металлов от температуры и др. была практически бессильна. ***Это было связано с тем, что к электронам в общем случае нельзя применять законы механики Ньютона и законы идеальных газов, что было выяснено в 30-х годах 20 в.***



## ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ КАРТИНА МИРА

Формируется на основе:

- начал электромагнетизма М. Фарадея (1791–1867),
- теории электромагнитного поля Д. Максвелла (1831–1879),
- электронной теории Г.А. Лоренца (1853–1928),
- постулатов теории относительности А. Эйнштейна (1879–1955)

### Характерные особенности

В рамках электромагнитной картины мира сложилась полевая, континуальная (непрерывная) модель реальности:

- материя - единое непрерывное поле с точечными силовыми центрами - электрическими зарядами и волновыми движениями в нем;
- мир - электродинамическая система, построенная из электрически заряженных частиц, взаимодействующих посредством электромагнитного поля

В электромагнитную картину мира было введено понятие вероятности

Игнорирование дискретной, атомистической природы вещества приводит максвелловскую электродинамику к целому ряду противоречий, которые снимаются с созданием Г. Лоренцом электронной теории или микроскопической электродинамики. Последняя восстанавливает в своих правах дискретные электрические заряды, но она сохраняет и поле как объективную реальность.

Движение — распространение колебаний в поле, которые описываются законами электродинамики

Принцип близкодействия - взаимодействия любого характера передаются полем от точки к точке непрерывно и с конечной скоростью

Реляционная (относительная) концепция пространства и времени:  
а пространство и время связаны с процессами, происходящими в поле, т. е. они несамостоятельны и зависят от материи

А. Эйнштейн ввел в электромагнитную картину мира идею относительности пространства и времени. Так появилась общая теория относительности, ставшая последней крупной теорией, созданной (1916) в рамках электромагнитной картины мира

# Электромагнитная картина мира (обобщение)

1. Электромагнитная картина мира начала формироваться во 2-ой половине 19 века на основе исследований в области электромагнетизма.
2. Введено понятие физического поля. Известны два вида поля – электромагнитное и гравитационное.
3. Согласно этой картине материя существует в двух видах- веществе и поле. Невозможны превращения вещества в поле и наоборот.
4. Силы, действующие в веществе, - электромагнитные.
5. ***Господствуют однозначные причинно-следственные связи. Все предопределено.***
6. Мир стал представляться электродинамической системой, построенной из электрически заряженных частиц, взаимодействующих посредством электромагнитного поля.



## 2.2. Эволюция представлений о материи

### ЭВОЛЮЦИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О МАТЕРИИ

		ЭЛЕКТРОДИНАМИКА		КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА
<b>НАТУРФИЛОСОФИЯ</b>		<b>КЛАССИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА</b>	<b>Концепция непрерывного (непрерывного) строения материи:</b>	<b>Концепция корпускулярно-волнового дуализма:</b>
<p><b>I. Концепция созерцательного материализма:</b> материя есть конкретное вещество (земля, вода, воздух, огонь). Фалес (625-547 до н.э.). Гераклит (540-480 до н.э.) и др.</p> <p><b>II. Концепция атомистического материализма:</b> материя состоит из атомов и пустоты. Демокрит (460- ок. 370 до н. э.)</p>		<p><b>Концепция дискретного строения материи:</b> "материя есть субстанция, состоящая из отдельных частиц – атомов или корпускул. Атомы абсолютно прочны, неделимы, непроницаемы, характеризуются наличием массы и веса. И. Ньютон (1643-1727)</p>	<p>материя существует в двух видах – вещество и поле. Они строго разделены и их превращение друг в друга невозможно. Главным является поле, а значит, основным свойством материи является непрерывность в противовес дискретности. Д. Максвелл (1831-1879)</p>	<p>-материя как физическая реальность едина и нет пропасти между веществом и полем. Поле, подобно веществу, обладает корпускулярными свойствами, а частицы вещества, подобно полю, – волновыми, т. е. каждый элемент материи обладает свойствами волны и частицы. М. Планк (1858–1947) В. Гейзенберг (1901–1976) Э. Шредингер (1887–1961) Н. Бор (1885–1962)</p>

## 2.3. Квантово-полевая картина мира (КПКМ)



1. Возникновение идеи кванта
2. Корпускулярно-волновой дуализм света и вещества
3. Строение атома
4. Соотношения неопределенностей Гейзенберга
4. Основные понятия и принципы КПКМ

Планк, 1900 г. :

Свет излучается порциями энергии

$$\varepsilon = h\nu$$

Макс Планк



Нильс Бор

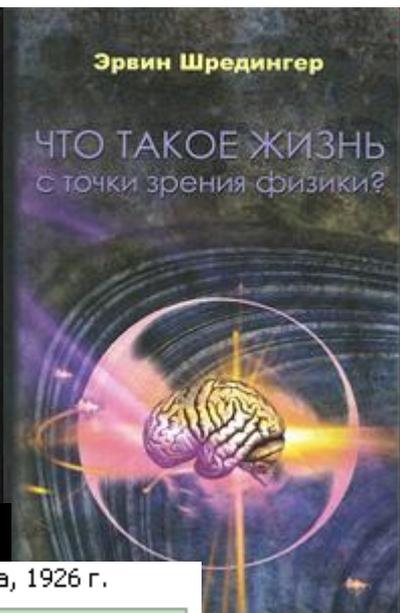


Вернер Гейзенберг

Постулаты Бора (1913 г.)

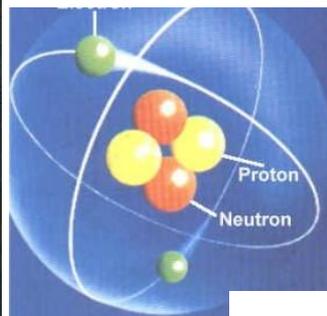


Эрвин Шредингер



Уравнение Шредингера, 1926 г.

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + u\right)\Psi = E\Psi$$



$$\Delta x \Delta p_x \geq \hbar,$$

$$\Delta y \Delta p_y \geq \hbar,$$

$$\Delta z \Delta p_z \geq \hbar,$$

Принцип неопределённости Гейзенберга



Квант

Неопределённость в координате

Одновременно точно измерить положение и скорость электрона невозможно

## 2.3. Квантово-полевая картина мира

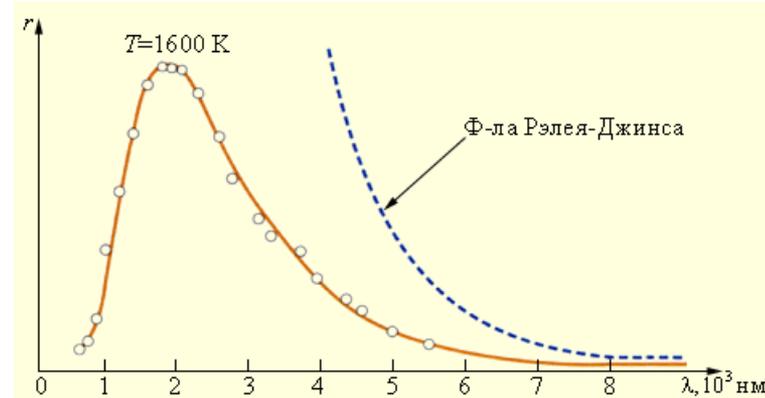
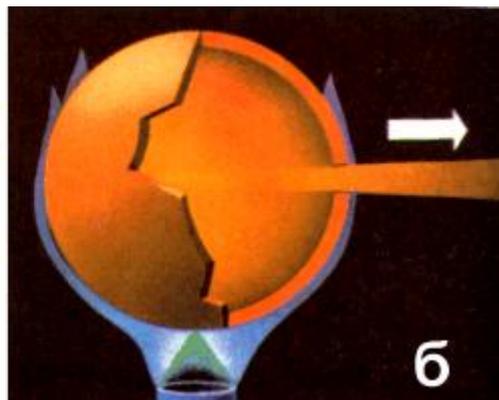
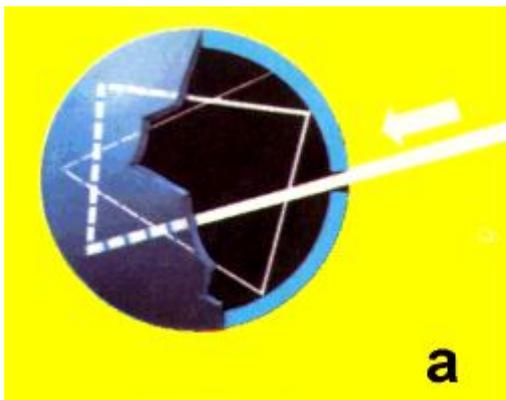


### Возникновение идеи кванта

- ✓ Впервые квантовые представления были введены в 1900 году немецким физиком Планком в работе, посвященной теории теплового излучения.
- ✓ Планк пришел к выводу, что процессы излучения и поглощения нагретым телом электромагнитной энергии, происходят не непрерывно, как это принимала классическая физика, а конечными порциями – **квантами**.
- ✓ **Квант – это минимальная порция энергии, излучаемой или поглощаемой телом.**
- ✓ Энергия кванта  $\varepsilon$  прямо пропорциональна частоте света  $\nu$  :

$$\varepsilon = h\nu,$$

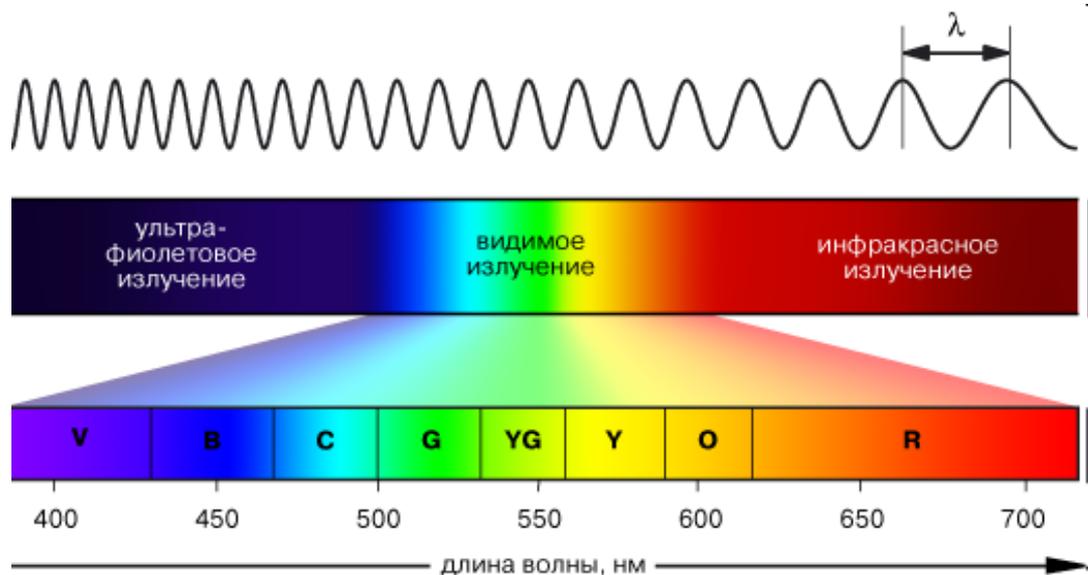
где  $h$  – так называемая постоянная Планка,  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  Дж·с.



## Что такое свет?

**Свет** — электромагнитное излучение, испускаемое нагретым или находящимся в возбуждённом состоянии веществом, воспринимаемое человеческим глазом. Нередко, под светом понимают не только видимый свет, но и примыкающие к нему широкие области спектра.

Спектр (лат. spectrum от лат. specter — видение, призрак) в физике — распределение значений физической величины (обычно энергии, частоты или массы). Обычно под спектром подразумевается электромагнитный спектр — спектр частот (или, что то же самое, энергий квантов) электромагнитного излучения.

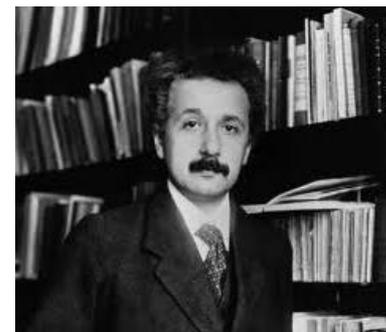


### Корпускулярно-волновой дуализм света

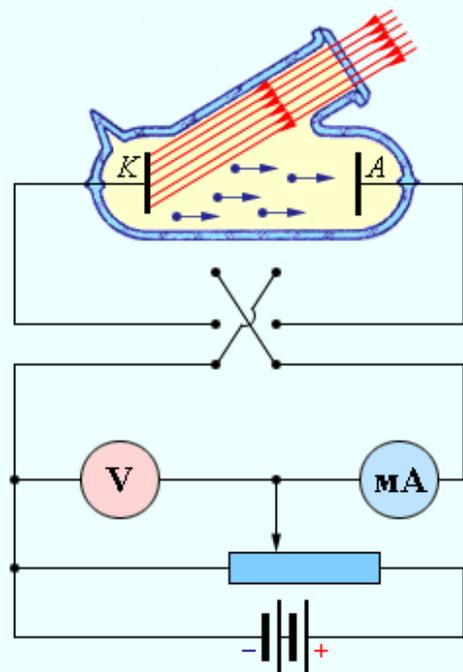
#### Фотоэлектрический эффект

✓ Фотоэлектрический эффект был открыт в 1887 г. немецким физиком Г. Герцем и в 1888–1890 годах экспериментально исследован А. Г. Столетовым (1839–1896).

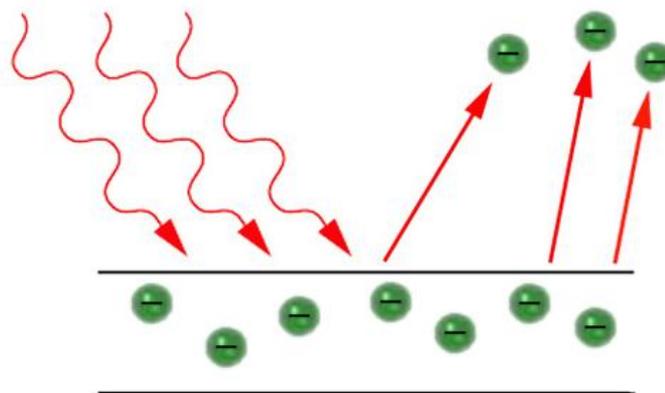
✓ Фотоэффект (или точнее – внешний фотоэффект) состоит в вырывании электронов из вещества под действием падающего на него света.



Столетов А.Г.



свет=поток фотонов



Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта

$$h\nu = A_e + \frac{m_e \cdot v^2}{2}$$

Энергия фотона расходуется на:

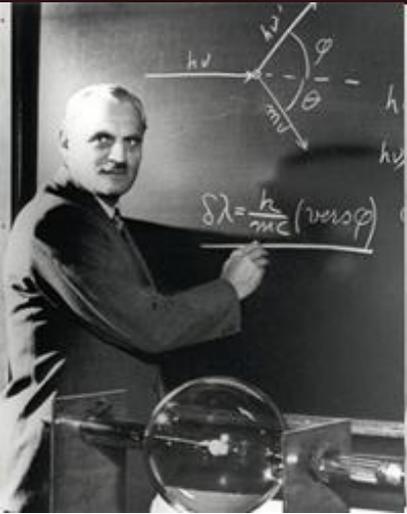
1) совершение работы выхода

2) сообщение электрону кинетической энергии

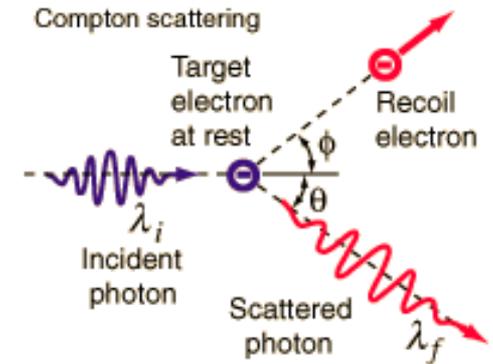
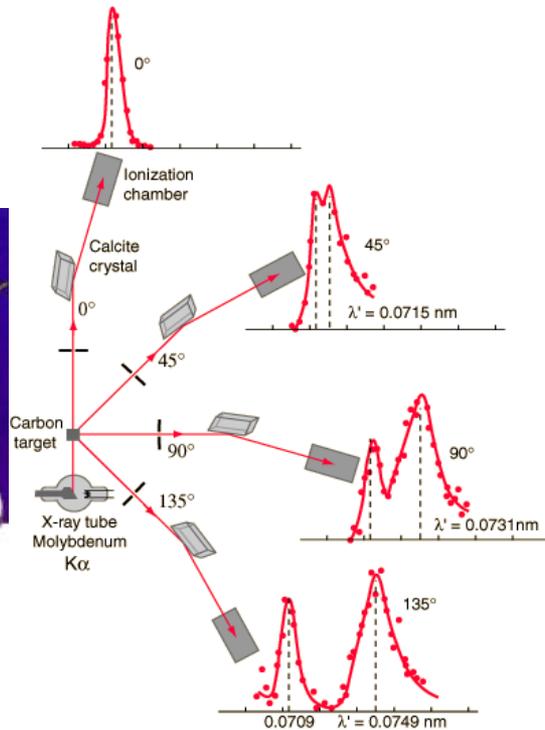
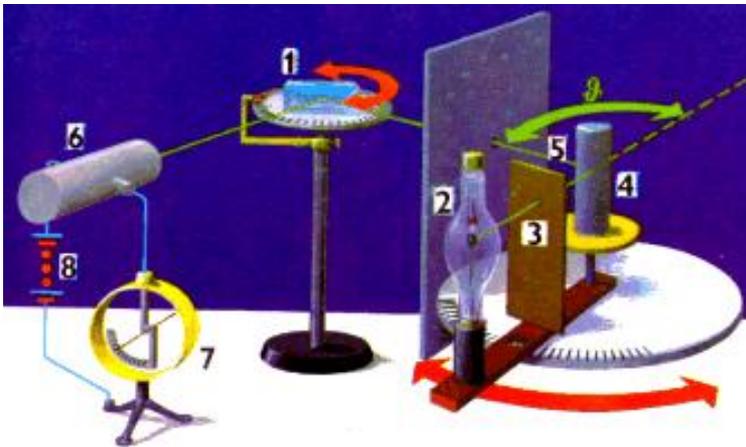
### Корпускулярно-волновой дуализм света

#### Эффект Комптона

- ✓ В 1922 г. американский физик А.Комптон открыл эффект, в котором также проявились корпускулярные свойства электромагнитного излучения (в частности, света).
- ✓ Экспериментально было показано, что рассеяние света свободными электронами происходит по законам упругого столкновения двух частиц.



Артур КОМПТОН,  
1892–1962.



- ✓ Таким образом, наряду с известными волновыми свойствами (проявляющимися, например, в дифракции) свет обладает и корпускулярными свойствами: он состоит как бы из частиц.
- ✓ В этом проявляется дуализм света, его корпускулярно-волновая природа.

# 2.3. Квантово-полевая картина мира

## Строение атома

### Представления древних о строении вещества



**Демокрит:** существует предел деления яблока – атом



**Аристотель:**  
делимость  
вещества  
бесконечна  
(IV в. до н.э.)



Париж. 1626 г. Учение об атомах запрещено под страхом смерти

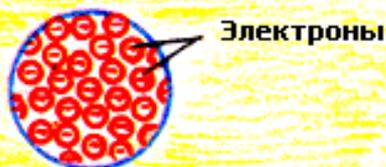
### Различные модели атома

Кельвина, 1902 г.



Вихревой атом –  
микроскопическое «колечко дыма»

Томсона, 1903 г.



Равномерно заряженный шар,  
в котором плавают электроны

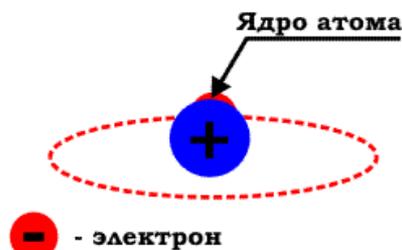
Резерфорда, 1911 г.



Опыт Резерфорда

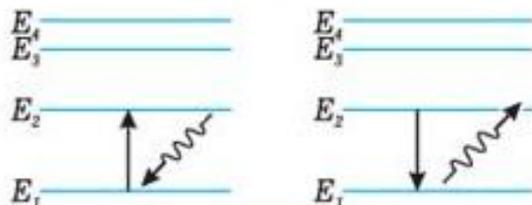
Планетарный атом

### Модель атома водорода Бора - Резерфорда. (1913 г.)

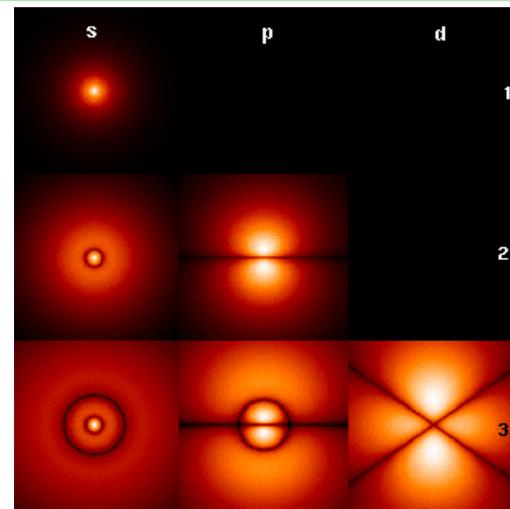


Анимация Озолина Э.Э.

### Поглощение и излучение квантов света атомами



$$h\nu = E_n - E_m$$



### Корпускулярно-волновой дуализм вещества

#### Гипотеза де Бройля

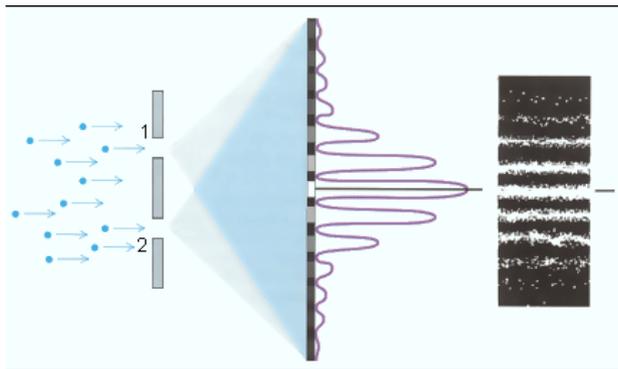
- ✓ В 1924 году французский физик Луи де Бройль выдвинул гипотезу о всеобщности корпускулярно-волнового дуализма.
- ✓ Согласно этой гипотезе, каждой частице, независимо от ее природы, надо поставить в соответствие волну, длина которой связана с импульсом частицы

$p = h/\lambda$  или  $\lambda = h/p$ , где  $h$  — постоянная Планка.



Louis de Broglie  
(1892-1987)

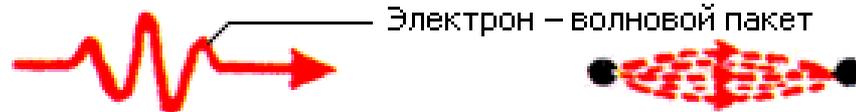
- ✓ Экспериментальное подтверждение гипотезы де Бройля – открытие дифракции электронов на кристаллах (американские физики К. Дэвиссон и Л. Джермер, а также независимо английский физик Дж. П. Томсоном в 1927г.).
- ✓ Дебройлевская длина волны электрона при не очень большом значении ускоряющей разности потенциалов (~100 В) по порядку величины составляет  $10^{-10}$  м. Этот же порядок величины характерен для расстояния между атомными плоскостями в кристалле.



## Соотношение неопределенностей Гейзенберга



Макс Борн: Волны вероятности



Электрон – волновой пакет

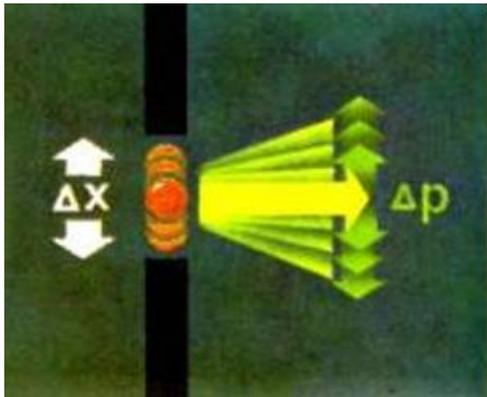
У квантовой частицы нет траектории

Принцип неопределённости Гейзенберга



Неопределённость в координате

Одновременно точно измерить положение и скорость электрона невозможно



✓ Соотношение неопределенностей — строгий закон природы, который никак не связан с несовершенством наших приборов.

Оно утверждает: нельзя — принципиально нельзя — определить одновременно и координату и импульс частицы точнее, чем это допускает неравенство:

$$\Delta x \Delta p_x \geq h,$$

$$\Delta y \Delta p_y \geq h,$$

$$\Delta z \Delta p_z \geq h,$$

# КВАНТОВО-ПОЛЕВАЯ КАРТИНА МИРА

Формируется на основе:

- квантовой гипотезы М. Планка (1858–1947),
- волновой механики Э. Шредингера (1887–1961),
- квантовой механики В. Гейзенберга (1901–1976),
- квантовой теории атома Н. Бора (1885–1962) и т. д.

## Характерные особенности

В рамках квантово-полевой картины мира сложились квантово-полевые представления о материи:  
- материя обладает корпускулярными и волновыми свойствами, т. е. каждый элемент материи имеет свойства волны и частицы

Картина физической реальности в квантовой механике двупланова:  
с одной стороны, в нее входят характеристики исследуемого объекта;  
с другой стороны - условия наблюдения (метод познания), от которых зависит определенность этих характеристик

При описании объектов используется два класса понятий:  
пространственно-временные и энергетически-импульсные.  
Первые дают кинематическую картину движения, вторые - динамическую (причинную).  
Пространство-время и причинность относительноны и зависимы

Движение - частный случай физического взаимодействия. Фундаментальные физические взаимодействия: сильное, электромагнитное, слабое, гравитационное. Они описываются на основе принципа близкодействия: взаимодействия передаются соответствующими полями от точки к точке, скорость передачи взаимодействия конечна и не превышает скорости света

Спецификой квантово-полевых представлений о закономерности и причинности является то, что они выступают в вероятностной форме, в виде статистических законов

Фундаментальные положения квантовой теории:

- принцип неопределенности;
- принцип дополнительности

#### **Виды фундаментальных взаимодействий**

Вид взаимодействия	Квант поля	Радиус действия	Относительная интенсивность	Участвуют во взаимодействии	Зависимость $E(R)$	Проявление
Ядерное (сильное)	Пионы и каоны	$10^{-15}$ м	1	Тяжелые частицы (нуклоны)	Экспонента на $R < 10^{-15}$ , далее - нуль	Устойчивость атомных ядер
Электромагнитное	Фотоны	$\infty$	$\frac{1}{137}$	Заряженные частицы и фотоны	$\sim \frac{1}{R}$	Устойчивость атомов, молекул, макротел
Слабое	Бозоны	$10^{-13}$ м	$10^{-10}$	Все частицы, кроме фотона (и гравитона)	Неизвестна	Нестабильность элементарных частиц
Гравитационное	Гравитоны (гипотеза)	$\infty$	$10^{-33}$	Все тела и частицы	$\sim \frac{1}{R}$	Устойчивость звезд, планетных систем