



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.

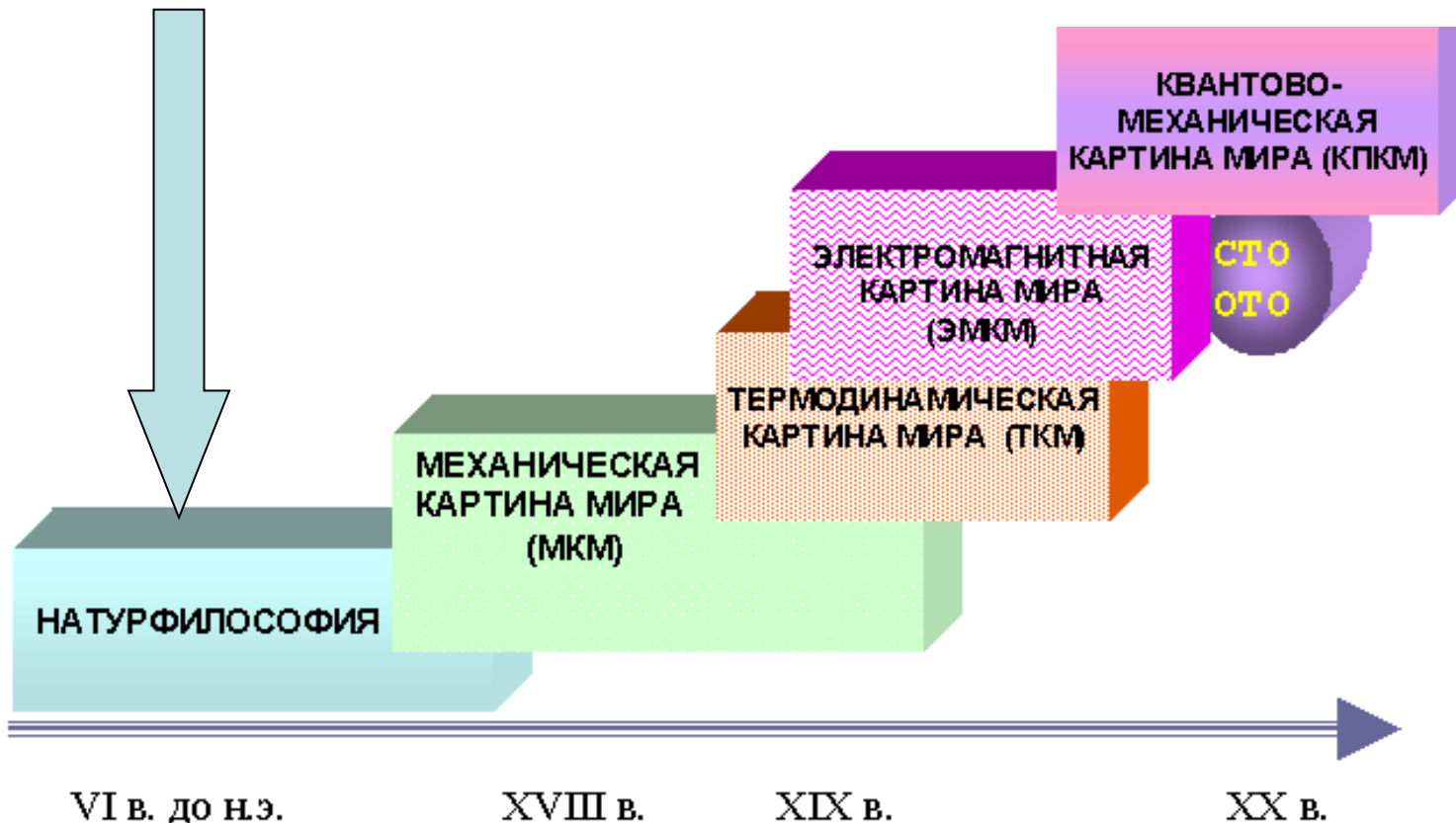
Схема физической картины мира связана со сменой представлений о материи: от атомистических, корпускулярных представлений о материи к полевым, континуальным, а затем к квантовым. Отсюда и три физических картины мира:

**МЕХАНИСТИЧЕСКАЯ,
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ
И КВАНТОВО – ПОЛЕВАЯ**

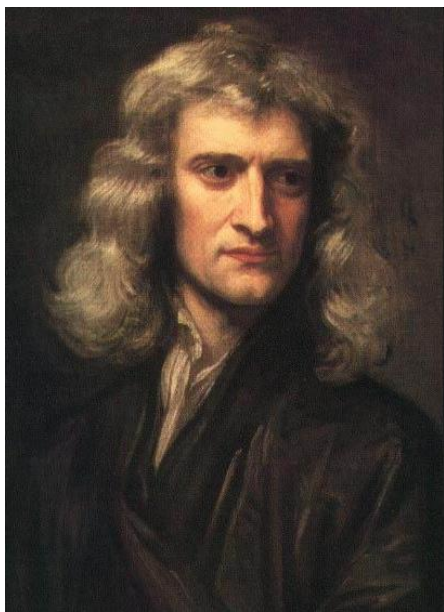
2.1. Механическая и электромагнитная картины мира

"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



Исаак Ньютон (1643-1727)

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

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

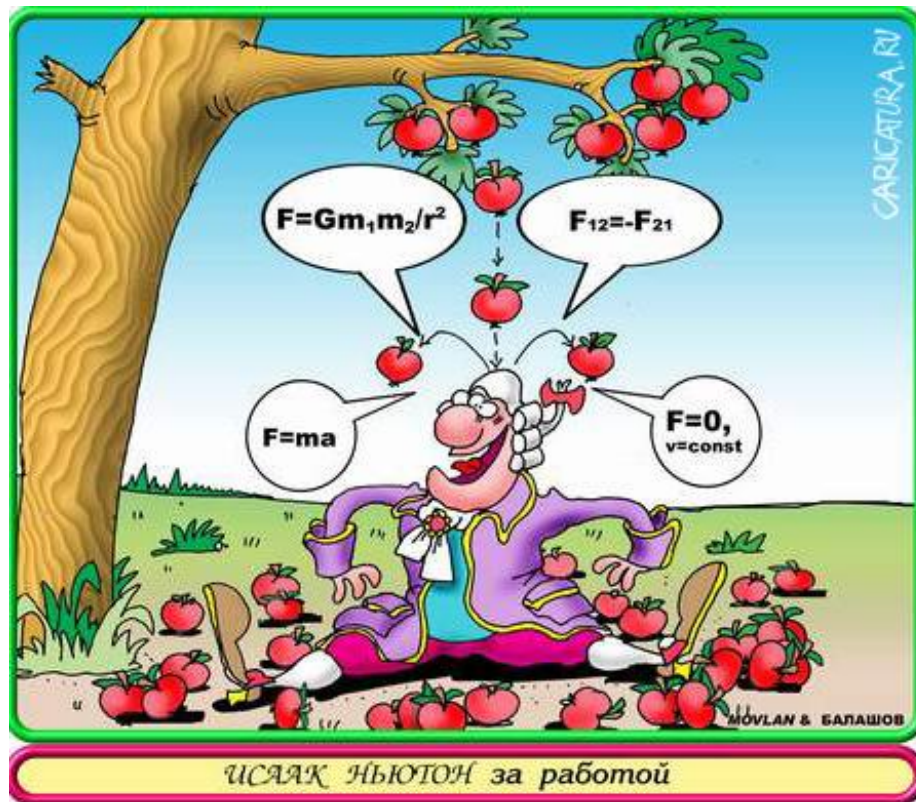
Тенденция сведения закономерностей высших форм движения материи к закономерностям простейшей его формы - механическому движению

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).



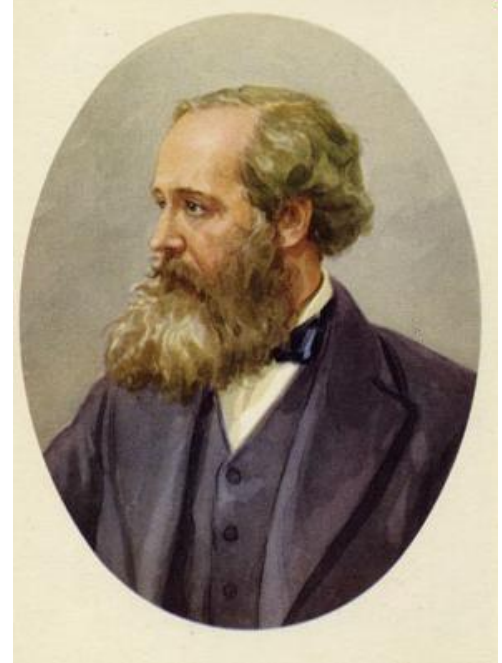
ИСАЯК НЬЮТОН за работой

Электромагнитная картина мира

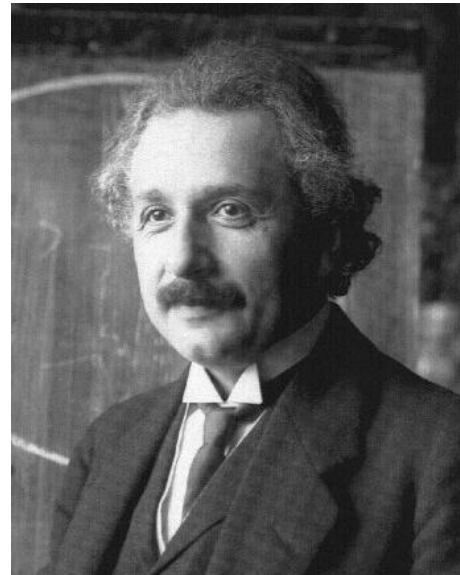
ФАРАДЕЙ, МАЙКЛ
(1791–1867)



МАКСВЕЛЛ, Джеймс Клерк (1831 - 1879)



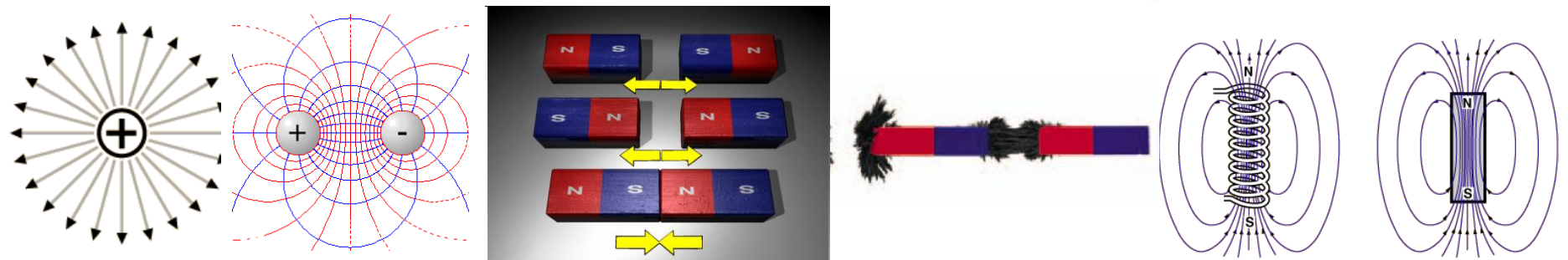
ЛОРЕНЦ, Хендрик
(1853– 1928)



ЭЙНШТЕЙН, Альберт
(1879– 1955)

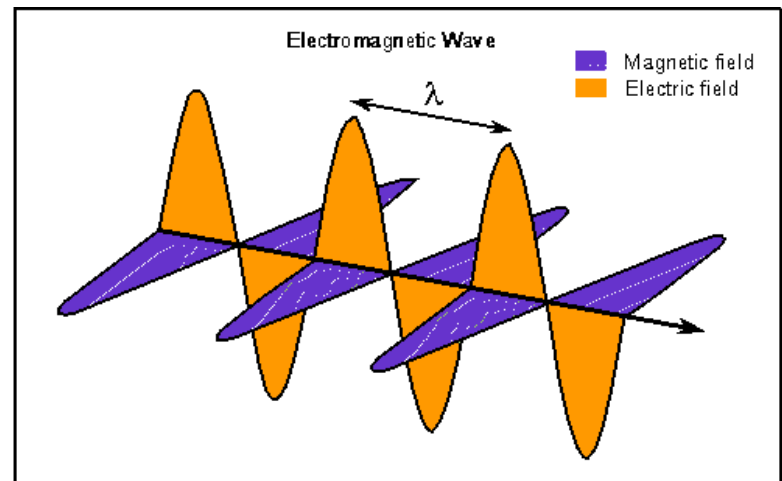
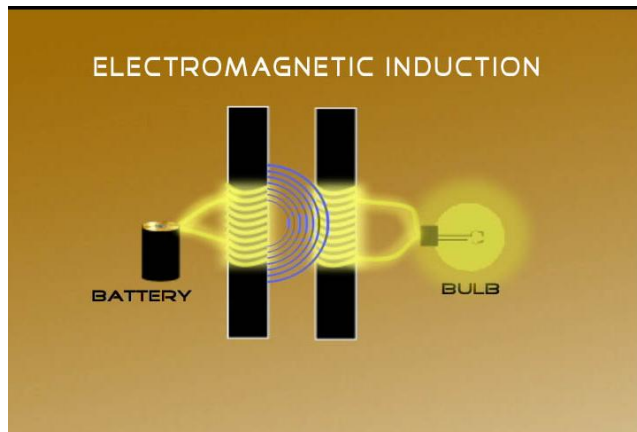
2.2. Электромагнитная картина мира

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.



Электромагнитная картина мира

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.

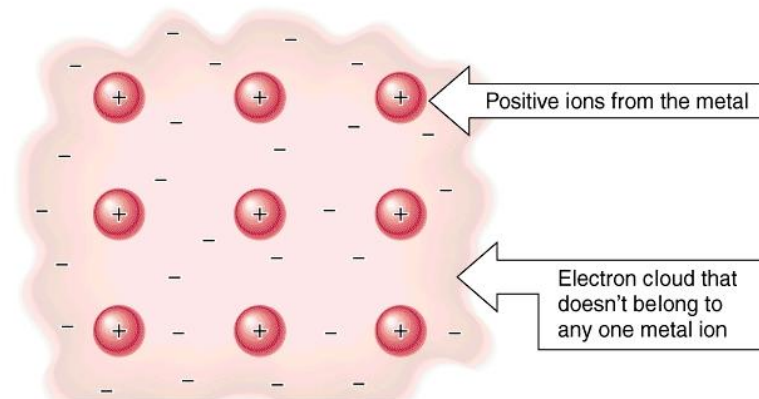


Электронная теория Лоренца

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
НАТУРФИЛОСОФИЯ		КЛАССИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА	Концепция непрерывного (непрерывного) строения материи:	Концепция корпускулярно-волнового дуализма:
<p>I. Концепция созерцательного материализма: материя есть конкретное вещество (земля, вода, воздух, огонь). Фалес (625-547 до н.э.). Гераклит (540-480 до н.э.) и др.</p> <p>II. Концепция атомистического материализма: материя состоит из атомов и пустоты. Демокрит (460- ок. 370 до н. э.)</p>		<p>Концепция дискретного строения материи: "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)



Макс Планк

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

$$\varepsilon = h\nu$$



Нильс Бор

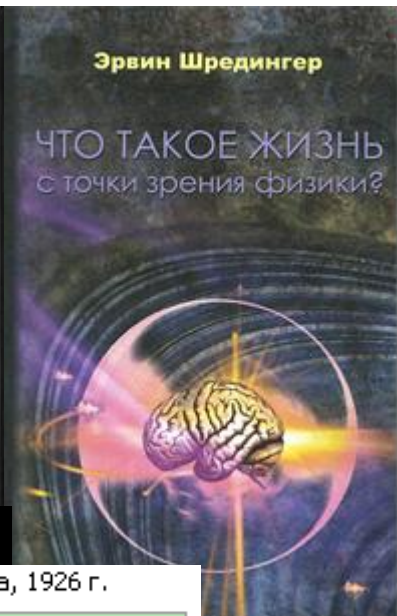


Вернер Гейзенберг

Постулаты Бора (1913 г.)

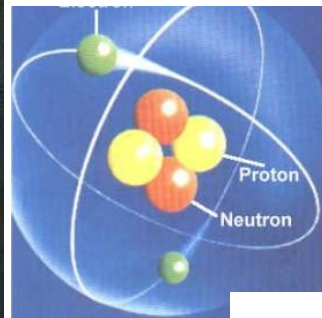


Эрвин Шредингер



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

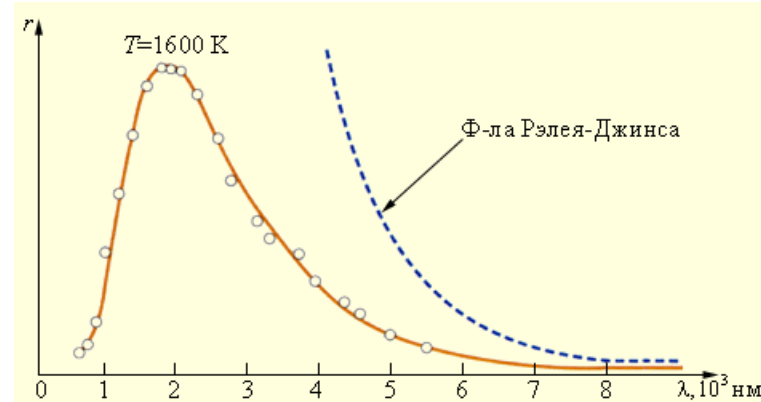
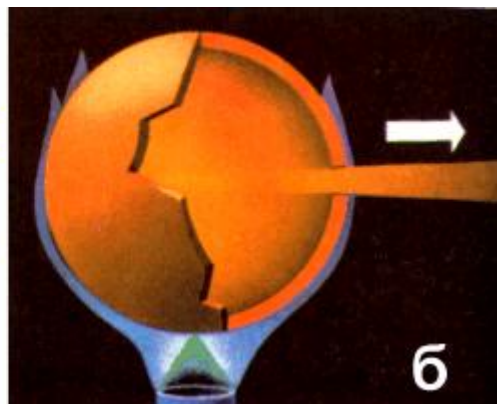
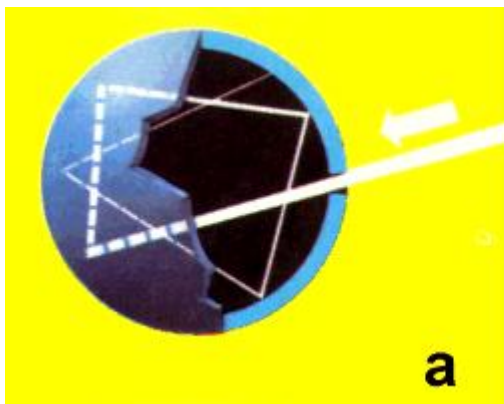


Возникновение идеи кванта

- ✓ 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 ε прямо пропорциональна частоте света ν :

$$\varepsilon = h\nu,$$

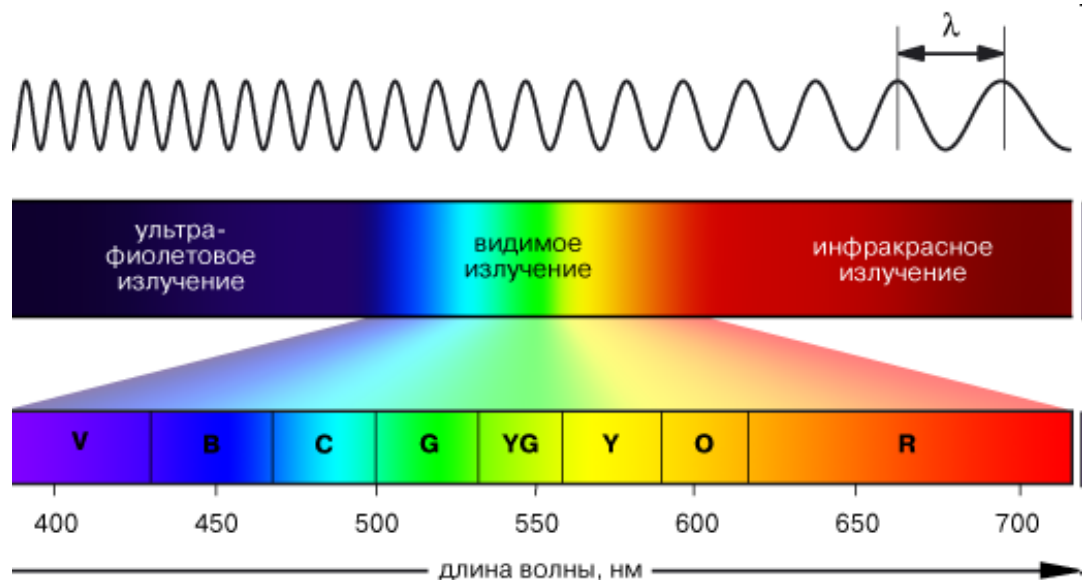
где h – так называемая постоянная Планка, $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.



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.

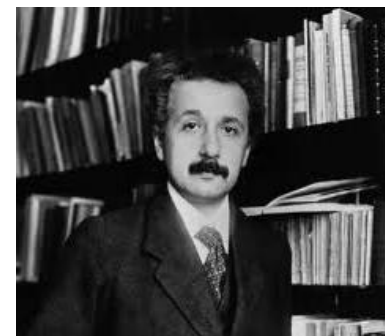


Корпускулярно-волновой дуализм света

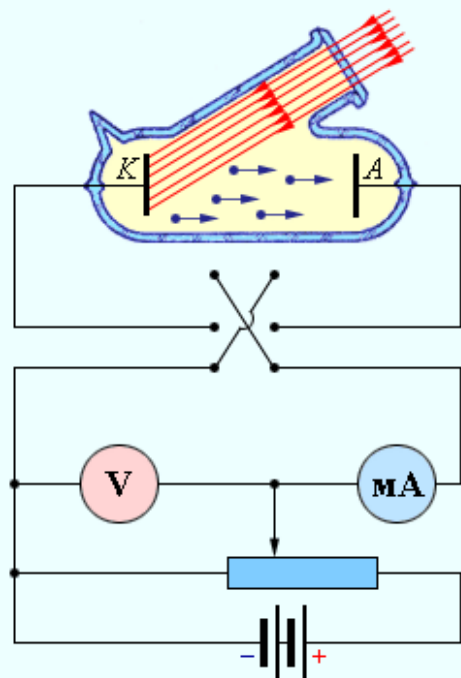
Фотоэлектрический эффект

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

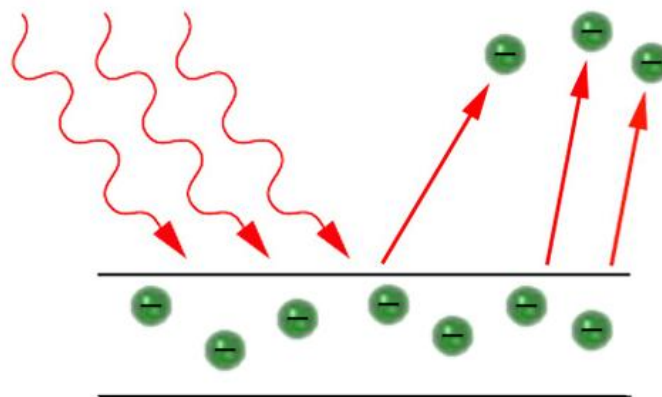
✓ Фотоэффект (или точнее – внешний фотоэффект) состоит в вырывании электронов из вещества под действием падающего на него света.



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:

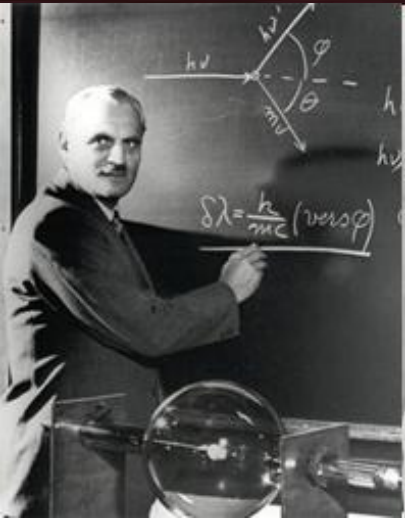
1) совершение работы выхода

2) сообщение электрону кинетической энергии

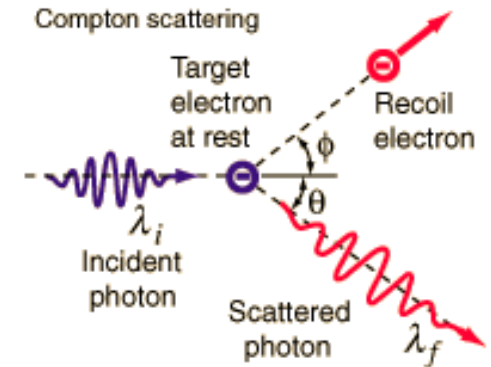
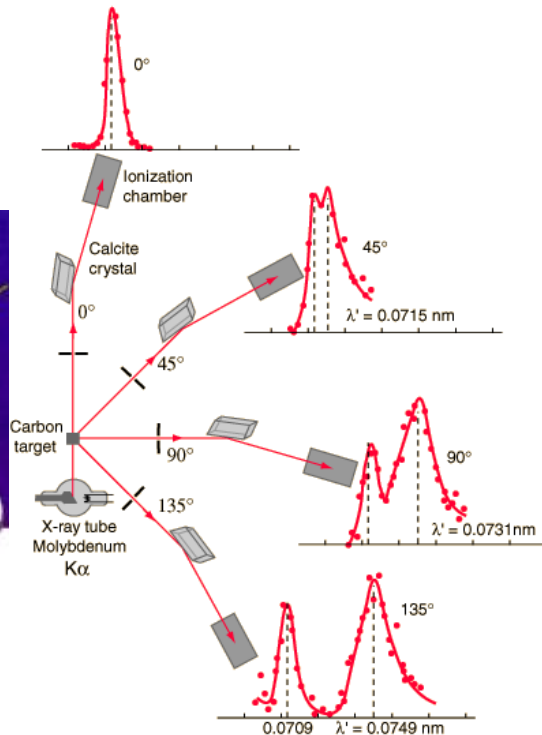
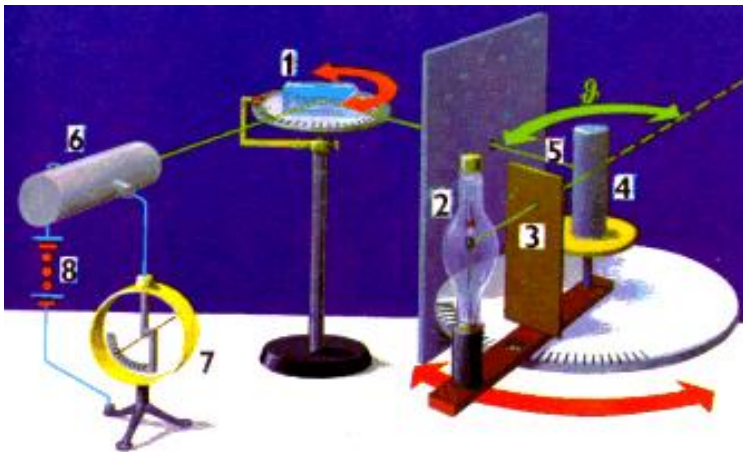
Корпускулярно-волновой дуализм света

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

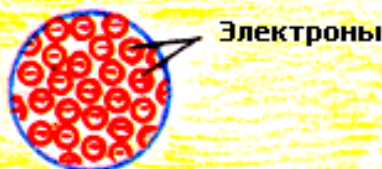
Различные модели атома

Кельвина, 1902 г.



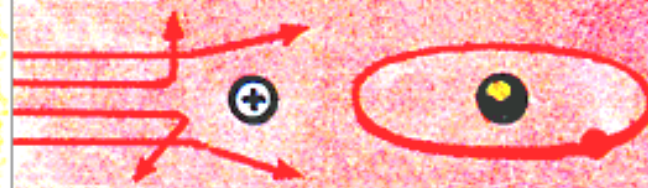
Вихревой атом – микроскопическое «колечко дыма»

Томсона, 1903 г.



Равномерно заряженный шар, в котором плавают электроны

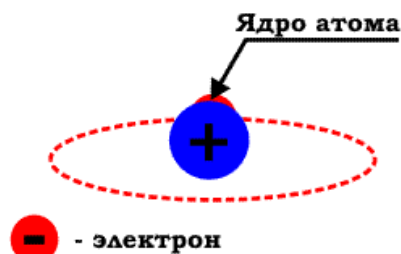
Резерфорда, 1911 г.



Опыт Резерфорда

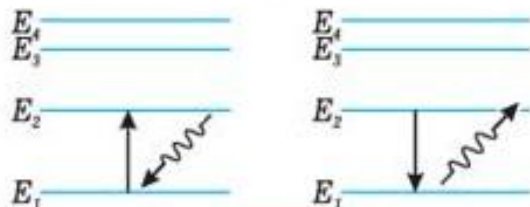
Планетарный атом

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

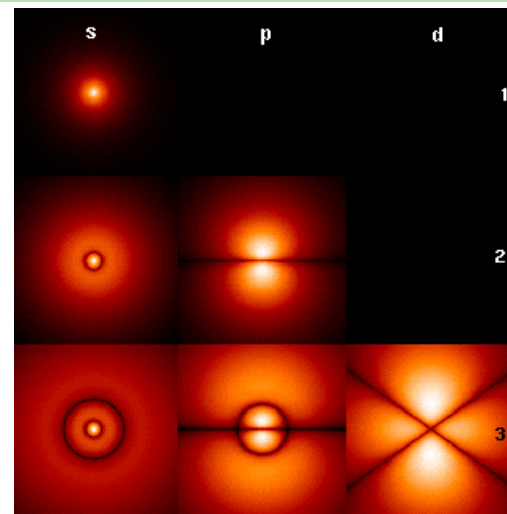


Анимация Озолна Э.Э.

Поглощение и излучение квантов света атомами



$$h\nu = E_n - E_m$$



Корпускулярно-волновой дуализм вещества

Гипотеза де Бройля

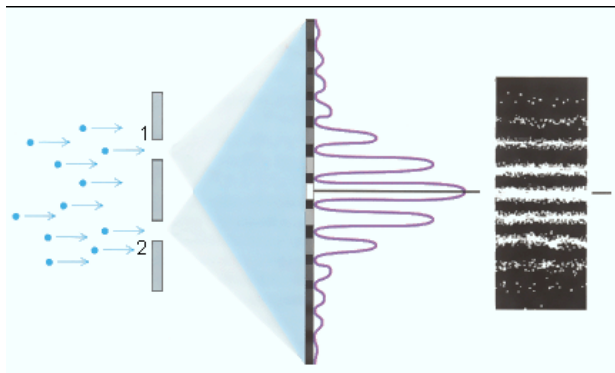
- ✓ В 1924 году французский физик Луи де Бройль выдвинул гипотезу о всеобщности корпускулярно-волнового дуализма.
- ✓ Согласно этой гипотезе, каждой частице, независимо от ее природы, надо поставить в соответствие волну, длина которой связана с импульсом частицы

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



Louis de Broglie
(1892-1987)

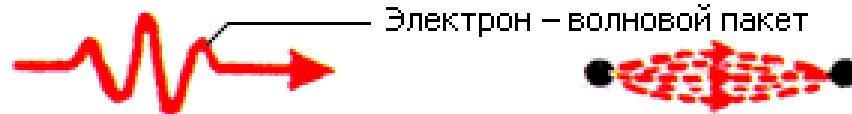
- ✓ Экспериментальное подтверждение гипотезы де Бройля – открытие дифракции электронов на кристаллах (американские физики К. Дэвиссон и Л. Джермер, а также независимо английский физик Дж. П. Томсоном в 1927г.).
- ✓ Дебройлевская длина волны электрона при не очень большом значении ускоряющей разности 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

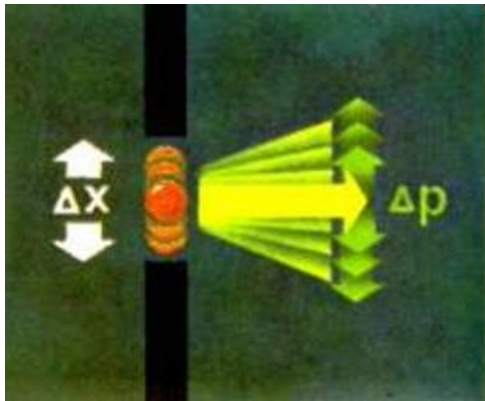
У квантовой частицы нет траектории

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

3. Современная естественно-научная картина мира

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	∞	$\frac{1}{137}$	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)	∞	10^{-33}	Все тела и частицы	$\sim \frac{1}{R}$	Устойчивость звезд, планетных систем