МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования

ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Выполнила: Отраднова О. Ю.

Группа УП10-2

1 курс

Проверила: Марьинских С. Г.

Тюмень 2010г.

Оглавление

[1. Открытие элементарных частиц. 3](#_Toc278113048)

[2. Хронология становления квантовой теории. 3](#_Toc278113049)

[3. Возникновение и развитие квантовой физики 3](#_Toc278113050)

[3.1. Гипотеза квантов 3](#_Toc278113051)

[3.2. Теория атома И. Бора. Принцип соответствия 3](#_Toc278113052)

[3.3. История создания квантовой механики 3](#_Toc278113053)

[4. Создание нерелятивистской квантовой механики 3](#_Toc278113054)

[5. Проблема интерпретации квантовой механики. Принцип дополнительности 3](#_Toc278113055)

[6. Квантово-полевая картина мира 3](#_Toc278113056)

[Список использованной литературы. 3](#_Toc278113057)

# Открытие элементарных частиц.

Открытие элементарных частиц явилось закономерным результатом общих успехов в изучении строения вещества, достигнутых физикой в конце 19 в. Оно было подготовлено всесторонними исследованиями оптических спектров атомов, изучением электрических явлений в жидкостях и газах, открытием фотоэлектричества, рентгеновских лучей, естественной радиоактивности, свидетельствовавших о существовании сложной структуры материи.

Исторически первой открытой элементарной частицей был электрон — носитель отрицательного элементарного электрического заряда в атомах. В 1897 **Дж. Томсон** установил, что катодные лучи образованы потоком мельчайших частиц, которые были названы электронами. В 1911 **Э. Резерфорд,** пропуская альфа-частицы от естественного радиоактивного источника через тонкие фольги различных веществ, выяснил, что положительный заряд в атомах сосредоточен в компактных образованиях — ядрах, а в 1919 обнаружил среди частиц, выбитых из атомных ядер, протоны — частицы с единичным положительным зарядом и массой, в 1840 раз превышающей массу электрона. Другая частица, входящая в состав ядра, — нейтрон — была открыта в 1932 **Дж. Чедвиком** при исследованиях взаимодействия a-частиц с бериллием. Нейтрон имеет массу, близкую к массе протона, но не обладает электрическим зарядом. Открытием нейтрона завершилось выявление частиц — структурных элементов атомов и их ядер.

Вывод о существовании частицы электромагнитного поля — фотона — берёт своё начало с работы **М. Планка** (1900). Предположив, что энергия электромагнитного излучения абсолютно чёрного тела квантованна, Планк получил правильную формулу для спектра излучения. Развивая идею Планка, **А. Эйнштейн** (1905) постулировал, что электромагнитное излучение (свет) в действительности является потоком отдельных квантов (фотонов), и на этой основе объяснил закономерности фотоэффекта. Прямые экспериментальные доказательства существования фотона были даны **Р. Милликеном** (1912— 1915) и **А. Комптоном** (1922).

Открытие нейтрино — частицы, почти не взаимодействующей с веществом, ведёт своё начало от теоретической догадки **В. Паули** (1930), позволившей за счёт предположения о рождении такой частицы устранить трудности с законом сохранения энергии в процессах бета-распада радиоактивных ядер. Экспериментально существование нейтрино было подтверждено лишь в 1953 (**Ф. Райнес и К Коуэн,** США).

С 30-х и до начала 50-х гг. изучение элементарных частиц было тесно связано с исследованием космических лучей. В 1932 в составе космических лучей **К. Андерсоном** был обнаружен позитрон (е+) — частица с массой электрона, но с положительным электрическим зарядом. Позитрон был первой открытой античастицей. Существование е+ непосредственно вытекало из релятивистской теории электрона, развитой **П. Дираком** (1928—31) незадолго до обнаружения позитрона. В 1936 американские физики К. Андерсон и **С. Неддермейер** обнаружили при исследовании космических лучей мюоны (обоих знаков электрического заряда) — частицы с массой примерно в 200 масс электрона, а в остальном удивительно близкие по свойствам к е-, е+.

В 1947 также в космических лучах группой **С. Пауэлла** были открыты p+ и p--мезоны с массой в 274 электронные массы, играющие важную роль во взаимодействии протонов с нейтронами в ядрах. Существование подобных частиц было предположено **Х. Юкавой** в 1935.

Конец 40-х — начало 50-х гг. ознаменовались открытием большой группы частиц с необычными свойствами, получивших название “странных”. Первые частицы этой группы К+- и К--мезоны, L-, S+ -, S- -, X- -гипероны были открыты в космических лучах, последующие открытия странных частиц были сделаны на ускорителях — установках, создающих интенсивные потоки быстрых протонов и электронов. При столкновении с веществом ускоренные протоны и электроны рождают новые элементарные частицы, которые и становятся предметом изучения.

С начала 50-х гг. ускорители превратились в основной инструмент для исследования элементарных частиц. В 70-х гг. энергии частиц, разогнанных на ускорителях, составили десятки и сотни млрд. электронвольт (Гэв). Стремление к увеличению энергий частиц обусловлено тем, что высокие энергии открывают возможность изучения строения материи на тем меньших расстояниях, чем выше энергия сталкивающихся частиц. Ускорители существенно увеличили темп получения новых данных и в короткий срок расширили и обогатили наше знание свойств микромира. Применение ускорителей для изучения странных частиц позволило более детально изучить их свойства, в частности особенности их распада, и вскоре привело к важному открытию: выяснению возможности изменения характеристик некоторых микропроцессов при операции зеркального отражения — т. н. нарушению пространств, чётности (1956). Ввод в строй протонных ускорителей с энергиями в миллиарды электронвольт позволил открыть тяжёлые античастицы: антипротон (1955), антинейтрон (1956), антисигма-гипероны (1960). В 1964 был открыт самый тяжёлый гиперон W- (с массой около двух масс протона). В 1960-х гг. на ускорителях было открыто большое число крайне неустойчивых (по сравнению с др. нестабильными элементарными частицами) частиц, получивших название “резонансов”. Массы большинства резонансов превышают массу протона. Первый из них D1 (1232) был известен с 1953. Оказалось, что резонансы составляют основная часть элементарных частиц.

В 1962 было выяснено, что существуют два разных нейтрино: электронное и мюонное. В 1964 в распадах нейтральных К-мезонов было обнаружено несохранение т. н. комбинированной чётности (введённой Ли Цзун-дао и Ян Чжэнь-нином и независимо Л. Д. Ландау в 1956), означающее необходимость пересмотра привычных взглядов на поведение физических процессов при операции отражения времени.

В 1974 были обнаружены массивные (в 3—4 протонные массы) и в то же время относительно устойчивые y-частицы, с временем жизни, необычно большим для резонансов. Они оказались тесно связанными с новым семейством элементарных частиц — “очарованных”, первые представители которого (D0, D+, Lс) были открыты в 1976. В 1975 были получены первые сведения о существовании тяжёлого аналога электрона и мюона (тяжёлого лептона t). В 1977 были открыты Ў-частицы с массой порядка десятка протонных масс.

Таким образом, за годы, прошедшие после открытия электрона, было выявлено огромное число разнообразных микрочастиц материи. Мир элементарных частиц оказался достаточно сложно устроенным. Неожиданными во многих отношениях оказались свойства обнаруженных элементарных частиц. Для их описания, помимо характеристик, заимствованных из классической физики, таких, как электрический заряд, масса, момент количества движения, потребовалось ввести много новых специальных характеристик, в частности для описания странных элементарных частиц — странность (**К. Нишиджима, М. Гелл-Ман,** 1953), “очарованных” элементарных частиц — “очарование” (американские физики **Дж. Бьёркен, Ш. Глэшоу,** 1964); уже названия приведённых характеристик отражают необычность описываемых ими свойств элементарных частиц.

Изучение внутреннего строения материи и свойств элементарных частиц с первых своих шагов сопровождалось радикальным пересмотром многих устоявшихся понятий и представлений. Закономерности, управляющие поведением материи в малом, оказались настолько отличными от закономерностей классической механики и электродинамики, что потребовали для своего описания совершенно новых теоретических построений.

# Хронология становления квантовой теории.

хронологически представить этапы развития квантовой теории, начиная с момента её возникновения до наших дней.

* Дата рождения квантовой теории - это 1900 г. Макс Планк пришёл к заключению, что энергия осциллятора (механической системы) - частицы, колеблющейся около положения равновесия - изменяется дискретно. Классическая физика утверждала, что энергию любой механической системы (осциллятора) можно изменять только непрерывно.
* 1905 - А. Эйнштейн выдвинул гипотезу световых квантов и показал, что она объясняет феномен фотоэффекта, непонятный с позиций волновой теории распространения света. Он предположил, что свет есть набор частиц квантов с энергией, пропорциональной частоте, и массой, равной нулю. По сути дела он возродил уже забытую всеми корпускулярную теорию света. Благодаря этой гипотезе появилась возможность перенести идею Планка о дискретности энергии с механических систем на электромагнитное поле.
* 1913 - Н. Бор издал работу «О строении атомов и молекул». Он распространил идею о дискретности возможных значений энергии осциллятора на движение электронов в атоме. Им объяснялась дискретность спектральных линий\*, испускаемых атомами. Энергия такой линии равнялась разности энергий двух возможных состояний электрона. Н. Бор фактически интуитивно сформулировал знаменитые «правила квантования», известные как постулаты Бора.
* 1923 - Луи де Бройль выдвинул гипотезу об универсальности корпускулярно-волнового дуализма. С движением материальной частицы связан волновой процесс. Электрон проявляет себя и как частица и как волна. Не только фотоны, но и электроны, и любые другие частицы наряду с корпускулярными обладают волновыми свойствами. В 1927 г. была обнаружена дифракция электронов, подтвердившая эту гипотезу.
* 1926 - Эрвин Шредингер получил уравнение для волновой функции и применил его к атому водорода. Подтвердились правила квантования Бора. Были описаны волновые свойства электрона в атоме водорода. Появился способ, позволяющий рассчитывать все явления атомной физики. Было положено начало квантовой механике. Макс Борн уточнил, что волновая функция описывает вероятность нахождения частицы в той или иной точке и является волной информации.
* 1927 - В. Гейзенберг получает соотношение неопределённостей, согласно которому попытка измерения координаты частицы приводит к неопределённости в попытке определения её импульса и наоборот. Объект микромира невозможно одновременно с любой заранее заданной точностью характеризовать и координатой и импульсом. Понятие классической траектории неприменимо к микрочастицам. Н. Бор выдвигает общий принцип дополнительности, одним из конкретных выражений которого является соотношение неопределённостей.
* 1927 - П. Дирак применил квантовую механику к электромагнитному полю. Возникла квантовая теория поля. Поле как квантовый объект отличается от любой системы частиц тем, что имеет бесконечное число степеней свободы.
* 1928 - П. Дирак обобщил уравнение Шредингера для электронов, движущихся с произвольными скоростями. Было положено начало релятивистской квантовой механике и квантовой электродинамике, описывающей два взаимодействующих поля - электромагнитное и электрон-позитронное.
* Объектом исследования становится вакуум. Направление поисков: поиск симметрии полей, описывающих различные частицы и тенденция к объединению различных видов взаимодействия между частицами.
* В 1973 выдвигается гипотеза кварков, в соответствии с которой все известные сильновзаимодействующие частицы составлены из нескольких видов элементарных частиц - кварков, скреплённых глюонными полями. Так возникает квантовая хромодинамика. Поставлена задача теории Великого объединения - электрослабое и сильное взаимодействие, а также теория «Суперобъединения» - единая теория всех известных полей.

# 3. Возникновение и развитие квантовой физики

## 3.1. Гипотеза квантов

Истоки квантовой физики можно найти в исследованиях процессов излучения тел. Еще в 1809 г. **П. Прево** сделал вывод, что каждое тело излучает независимо от окружающей среды. Развитие спектроско­пии в XIX в. привело к тому, что при изучении спектров излучения начинают обращать внимание и на спектры поглощения. При этом выясняется, что между излучением и поглощением тела существует простая связь: в спектрах поглощения отсутствуют или ослабляются те участки спектра, которые испускаются данным телом. Этот закон получил объяснение только в квантовой теории.

**Г. Кирхгоф** в 1860 г. сформулировал новый закон, который гласит, что для излучения одной и той же длины волны при одной и той же температуре отношение испускательной и поглощательной способ­ностей для всех тел одинаково. Кирхгоф ввел понятие абсолютно черного тела как тела, поглоща­ющего все падающие на него лучи.

**Л. Больцман** показал, что полная энергия излучения абсолютно чер­ного тела пропорциональна четвертой степени его температуры. Од­нако исследования в этом направлении, основан­ные на термодинамике и оптике, не привели к успеху.

Опыт давал картину, не объяснимую с точки зрения классических представлений: при термодинамическом равновесии между колеблю­щимися атомами вещества и электромагнитным излучением почти вся энергия сосредоточена в колеблющихся атомах и лишь ничтож­ная часть ее приходится на долю излучения, тогда как согласно клас­сической теории практически вся энергия должна была бы перейти к электромагнитному полю.

В 80-е гг. XIX в. эмпирические исследования закономерностей распределения спектральных линий и изучение функции φ(λ, Т) стали более интенсивными и систематическими. Была усовершенст­вована экспериментальная аппаратура. Для энергии излучения абсолютно черного тела В. Вином в 1896 г., Дж. Рэлеем и Дж. Джинсом в 1900 г. были предложены две различные формулы. Как показали экспериментальные результаты, формула Вина асимптотически верна в области коротких волн и дает резкие расхождения с опытом в области длинных волн, а формула Рэлея — Джинса асимптотически верна для длинных волн, но не применима для коротких.

В 1900 г. на заседании Берлинского физического общества М. Планк предложил новую формулу для распределения энергии в спектре серного тела. Эта формула давала полное соответствие с опытом, но ее физический смысл был не вполне понятен. Дополнительный анализ показал, что она имеет смысл только в том случае, если опустить, что излучение энергии происходит не непрерывно, а пределенными порциями — квантами (ε). Более того, ε не является любой величиной, а именно,

ε = hν,

где h — определенная константа,

a v — частота света.

Это вело к признанию наравне с атомизмом вещества атомизма энергии или действия, дискретного, квантового характера излучения, что не укладывалось в рамки пред­ставлений классической физики.

*Формулировка гипотезы квантов энергии была началом новой эры в развитии теоретической физики. С большим успехом эту гипотезу начали применять для объяснения других явлений, которые не поддава­ясь описанию на основе представлений классической физики.*

Существенно новым шагом в развитии квантовой гипотезы было ведение понятия квантов света. Эта идея была разработана в 1905 г. Эйнштейном и использована им для объяснения фотоэффекта. В целом ряде исследований были получены подтверждения истинности этой идеи. В 1909 г. Эйнштейн, продолжая исследования законов излучения, показывает, что свет обладает одновременно и волновыми, и корпускулярными свойствами. Становилось все более очевидно, что корпускулярно-волновой дуализм светового излучения нельзя объяснить с позиций классической физики. В 1912 г. А. Пуан­каре окончательно доказал несовместимость формулы Планка и клас­сической механики. Требовались новые понятия, новые представле­ния и новый научный язык, для того чтобы физики могли осмыслить эти необычные явления. Все это появилось позже — вместе с создани­ем и развитием квантовой механики.

## 3.2. Теория атома И. Бора. Принцип соответствия

В свете тех выдающихся открытий конца XIX в., которые революци­онизировали физику, одной из ключевых стала проблема строения атомов. Еще в 1889 г. в своей Фарадеевской лекции Д.И. Менделеев отмечал, что в результате выявления специфической периодичности химических свойств элементов, расположенных по возрастающим атомным весам, центральной проблемой физики становится пробле­ма строения атома.

В 1909—1910 гг. Э. Резерфордом были проведены эксперименталь­ные исследования рассеяния α-частиц тонким слоем вещества. Как показали эти исследования, большинство α-частиц, пронизывающих тонкий слой вещества, рассеиваются силовыми центрами, которые действуют на них с силой, обратно пропорциональной квадрату рас­стояния. Некоторые сравнительно немногие частицы отклонялись на угол 90° и более; по-видимому, они встретились с очень сильными электрическими полями. Результаты этого исследования позволили Резерфорду в 1911 г. сформулировать планетарную модель атома. По модели Резерфорда, атом состоит из положительного ядра гораздо меньших размеров, нежели атом, — порядка 10-13 см. Вокруг ядра вращаются электроны. Общий заряд атома равен нулю, поэтому заряд ядра по абсолютной величине равен nе, где n — число электро­нов в атоме, е — заряд электрона. Резерфорд полагал также, что число электронов в атоме должно быть равно порядковому номеру элемен­та в периодической системе Менделеева. Но модель Резерфорда не объясняла многих выявленных к тому времени закономерностей из­лучения атомов, вид атомных спектров и др.

Более совершенную квантовую модель атома предложил в 1913 г. молодой датский физик **Н. Бор**, работавший в лаборатории Резерфорда. Бор понял, что для построения теории, которая объясняла бы и результаты опытов по рассеянию α -частиц, и устойчивость атома, и сериальные закономерности, и ряд других экспериментальных данных, нужно отказаться от ряда принципов классической физики. Бор взял за основу модель атома Резерфорда и дополнил ее новыми гипо­тезами, которые не следуют или даже противоречат классическим представлениям. *Эти гипотезы известны как постулаты Бора. Они сводятся к следующему.*

**1.** Каждый электрон в атоме может совершать устойчивое орбитальное движение по определенной орбите, с определенным значе­нием энергии, не испуская и не поглощая электромагнитного излуче­ния. В этих состояниях атомные системы обладают энергиями, обра­зующими дискретный ряд: Е1, Е2, ..., Еn. Состояния эти характеризу­ется своей устойчивостью. Всякое изменение энергии в результате поглощения или испускания электромагнитного излучения может происходить только скачком из одного состояния в другое.

**2.** Электрон способен переходить с одной стационарной орбиты на другую. Только в этом случае он испускает или поглощает опреде­ленную порцию энергии монохроматического излучения определенной частоты. Эта частота зависит от уровня изменения энергии атома при таком переходе. Если при переходе электрона с орбиты на орбиту энергия атома изменяется от Еm до Еn, то испускаемая или погло­щаемая частота определяется условием



Эти постулаты Бор использовал для расчета простейшего атома (водорода), рассматривая первоначально наиболее простую его мо­дель: неподвижное ядро, вокруг которого по круговой орбите враща­ется электрон. Объяснение спектра водорода было большим успехом теории Бора.

Квантовые постулаты Бора были лишь первым шагом в создании теории атома, поэтому пришлось воспользоваться следующим при­емом: сначала задача решалась при помощи классической механики (заведомо неприменимой полностью к внутриатомным движениям), а затем из всего непрерывного множества состояний движения, к которым приводит классическая механика, на основе квантовых постулатов отбирались квантовые состояния. Несмотря на все не­совершенство этого метода, он привел к большим успехам — позво­лил объяснить сложные закономерности в атомных и молекулярных спектрах, осмыслить природу химических взаимодействий и др. Такой подход, по сути, является частным случаем общего принципа, играющего важную роль в современной теоретической физике — принципа соответствия, который гласит, что всякая неклассическая теория в соответствующем предельном случае переходит в класси­ческую.

Важным достижением Бора и других исследователей было разви­тие представления о строении многоэлектронных атомов. Предпри­нятые шаги в развитии теории строения более сложных (чем водород) атомов и объяснении структуры их спектров принесли некото­рые успехи, однако здесь исследователи столкнулись с большими трудностями. Введение четырех квантовых чисел, характеризующих состояния электрона в атоме, установление принципа Паули (соглас­но которому две тождественный частицы с полуцелым спином не могут одновременно находиться в одном состоянии) и объяснение периодической системы Менделеева — большие успехи теории атома Бора. Однако они не означали, что эту теорию можно считать завер­шенной. Во-первых, постулаты Бора и многие принципы его теории имели характер непонятных, ни откуда не следуемых утверждений, которые еще должны получить свое обоснование. Во-вторых, в неко­торых даже довольно простых случаях применение данной теории встречало непреодолимые трудности; так, например, попытки теоре­тически рассчитать даже такой, казалось бы, простой атом, как атом гелия, не привели к успеху. Физики ясно понимали неудовлетвори­тельность боровской теории атома.

Таким образом, в первой четверти XX в. перед физикой все еще стояла задача поиска новых путей развития теории атомных явлений. Ее решение потребовало отказа от ряда давно установленных поня­тий и выработки совершенно новых теоретических представлений и принципов.

## 3.3. История создания квантовой механики

В начале 20 в. были обнаружены две (казалось, не связанные между собой) группы явлений, свидетельствующих о неприменимости обычной классической теории электромагнитного поля (классической [электродинамики](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/125/981.htm)) к процессам взаимодействия света с веществом и к процессам, происходящим в атоме. Первая группа явлений была связана с установлением на опыте двойственной природы света (дуализм света); вторая — с невозможностью объяснить на основе классических представлений устойчивое существование атома, а также спектральные закономерности, открытые при изучении испускания света атомами. Установление связи между этими группами явлений и попытки объяснить их на основе новой теории и привели, в конечном счете, к открытию законов квантовой механики.

Впервые квантовые представления (в т. ч. квантовая постоянная h) были введены в физику в работе **М.** [**Планка**](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/089/600.htm) (1900), посвященной теории теплового излучения.

Существовавшая к тому времени теория теплового излучения, построенная на основе классической электродинамики и [статистической физики](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/105/997.htm), приводила к бессмысленному результату, состоявшему в том, что тепловое (термодинамическое) равновесие между излучением и веществом не может быть достигнуто, т.к. вся энергия рано или поздно должна перейти в излучение. Планк разрешил это противоречие и получил результаты, прекрасно согласующиеся с опытом, на основе чрезвычайно смелой гипотезы. В противоположность классической теории излучения, рассматривающей испускание электромагнитных волн как непрерывный процесс, Планк предположил, что свет испускается определенными порциями энергии — квантами. Величина такого кванта энергии зависит от частоты света n и равна E = hn.   От этой работы Планка можно проследить две взаимосвязанные линии развития, завершившиеся окончательной формулировкой К. м. в двух ее формах (1927).

Первая начинается с работы Эйнштейна (1905), в которой была дана теория [фотоэффекта](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/117/321.htm) — явления вырывания светом электронов из вещества.

В развитие идеи Планка Эйнштейн предположил, что свет не только испускается и поглощается дискретными порциями — квантами излучения, но и распространение света происходит такими квантами, т. е. что дискретность присуща самому свету — что сам свет состоит из отдельных порций — световых квантов (которые позднее были названы [фотонами](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/117/243.htm)). Энергия фотона E связана с частотой колебаний n волны соотношением Планка E = hn.

Дальнейшее доказательство корпускулярного характера света было получено в 1922 **А.** [**Комптоном**](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/063/601.htm), показавшим экспериментально, что рассеяние света свободными электронами происходит по законам упругого столкновения двух частиц — фотона и электрона. Кинематика такого столкновения определяется законами сохранения энергии и импульса, причем фотону наряду с энергией E = hn следует приписать импульс р = h / l = h n / c, где l — длина световой волны.

Энергия и импульс фотона связаны соотношением E = cp, справедливым в релятивистской механике для частицы с нулевой массой.   Т. о., было доказано экспериментально, что наряду с известными волновыми свойствами (проявляющимися, например, в [дифракции света](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/029/538.htm)) свет обладает и корпускулярными свойствами: он состоит как бы из частиц — фотонов. В этом проявляется дуализм света, его сложная корпускулярно-волновая природа.

Дуализм содержится уже в формуле E = hn, не позволяющей выбрать какую-либо одну из двух концепций: в левой части равенства энергия E относится к частице, а в правой — частота n является характеристикой волны. Возникло формальное логическое противоречие: для объяснения одних явлений необходимо было считать, что свет имеет волновую природу, а для объяснения других — корпускулярную. По существу разрешение этого противоречия и привело к созданию физических основ квантовой механики.

В 1924 **Л. де Бройль**, пытаясь найти объяснение постулированным в 1913 Н. [Бором](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/128/837.htm) условиям квантования атомных орбит , выдвинул гипотезу о всеобщности корпускулярно-волнового дуализма. Согласно де Бройлю, каждой частице, независимо от ее природы, следует поставить в соответствие волну, длина которой L связана с импульсом частицы р соотношением. По этой гипотезе не только фотоны, но и все «обыкновенные частицы» (электроны, протоны и др.) обладают волновыми свойствами, которые, в частности, должны проявляться в явлении дифракции.

В 1927 **К.** [**Дэвиссон**](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/035/688.htm) и **Л. Джермер** впервые наблюдали дифракцию электронов. Позднее волновые свойства были обнаружены и у других частиц, и справедливость формулы де Бройля была подтверждена экспериментально

В 1926 **Э. Шрёдингер** предложил уравнение, описывающее поведение таких «волн» во внешних силовых полях. Так возникла волновая механика. Волновое уравнение Шрёдингера является основным уравнением нерялитивистской К. м.

В 1928 **П.** [**Дирак**](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/028/745.htm) сформулировал релятивистское уравнение, описывающее движение электрона во внешнем силовом поле; [Дирака уравнение](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/028/751.htm) стало одним из основных уравнений релятивистской квантовой механики.

  Вторая линия развития начинается с работы Эйнштейна (1907), посвященной теории теплоемкости твердых тел (она также является обобщением гипотезы Планка). Электромагнитное излучение, представляющее собой набор электромагнитных волн различных частот, динамически эквивалентно некоторому набору [осцилляторов](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/085/585.htm) (колебательных систем). Излучение или поглощение волн эквивалентно возбуждению или затуханию соответствующих осцилляторов. Тот факт, что излучение и поглощение электромагнитного излучения веществом происходят квантами энергии hn. Эйнштейн обобщил эту идею квантования энергии осциллятора электромагнитного поля на осциллятор произвольной природы. Поскольку тепловое движение твердых тел сводится к колебаниям атомов, то и твердое тело динамически эквивалентно набору осцилляторов. Энергия таких осцилляторов тоже квантована, т. е. разность соседних уровней энергии (энергий, которыми может обладать осциллятор) должна равняться hn, где n — частота колебаний атомов.

Теория Эйнштейна, уточнённая П. [Дебаем](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/020/809.htm), М. [Борном](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/128/951.htm) и Т. [Карманом](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/059/366.htm), сыграла выдающуюся роль в развитии теории твёрдых тел.

  В 1913 Н. Бор применил идею квантования энергии к теории строения атома, планетарная модель которого следовала из результатов опытов Э. [Резерфорда](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/096/141.htm) (1911). Согласно этой модели, в центре атома находится положительно заряженное ядро, в котором сосредоточена почти вся масса атома; вокруг ядра вращаются по орбитам отрицательно заряженные электроны.

Рассмотрение такого движения на основе классических представлений приводило к парадоксальному результату — невозможности стабильного существования атомов: согласно классической электродинамике, электрон не может устойчиво двигаться по орбите, поскольку вращающийся электрический заряд должен излучать электромагнитные волны и, следовательно, терять энергию. Радиус его орбиты должен уменьшится и за время порядка 10–8 сек электрон должен упасть на ядро. Это означало, что законы классической физики неприменимы к движению электронов в атоме, т.к. атомы существуют и чрезвычайно устойчивы.

Для объяснения устойчивости атомов Бор предположил, что из всех орбит, допускаемых Ньютоновой механикой для движения электрона в электрическом поле атомного ядра, реально осуществляются лишь те, которые удовлетворяют определённым условиям квантования. Т. е. в атоме существуют (как в осцилляторе) дискретные уровни энергии.

Эти уровни подчиняются определённой закономерности, выведенной Бором на основе комбинации законов Ньютоновой механики с условиями квантования, требующими, чтобы величина действия для классической орбиты была целым кратным постоянной Планка.

Бор постулировал, что, находясь на определённом уровне энергии (т. е. совершая допускаемое условиями квантования орбитальное движение), электрон не излучает световых волн.

Излучение происходит лишь при переходе электрона с одной орбиты на другую, т. е. с одного уровня энергии Ei, на другой с меньшей энергией Ek, при этом рождается квант света с энергией, равной разности энергий уровней, между которыми осуществляется переход:

hn = Ei - Ek.

  Так возникает линейчатый спектр — основная особенность атомных спектров, Бор получил правильную формулу для частот спектральных линий атома водорода (и водородоподобных атомов), охватывающую совокупность открытых ранее эмпирических формул.

  Существование уровней энергии в атомах было непосредственно подтверждено [Франка — Герца опытами](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/117/382.htm) (1913—14). Было установлено, что электроны, бомбардирующие газ, теряют при столкновении с атомами только определённые порции энергии, равные разности энергетических уровней атома.

Н. Бор, используя квантовую постоянную h, отражающую дуализм света, показал, что эта величина определяет также и движение электронов в атоме (и что законы этого движения существенно отличаются от законов классической механики). Этот факт позднее был объяснён на основе универсальности корпускулярно-волнового дуализма, содержащегося в гипотезе де Бройля.   Успех теории Бора, как и предыдущие успехи квантовой теории, был достигнут за счёт нарушения логической цельности теории: с одной стороны, использовалась Ньютонова механика, с другой — привлекались чуждые ей искусственные правила квантования, к тому же противоречащие классической электродинамике. Кроме того, теория Бора оказалась не в состоянии объяснить движение электронов в сложных атомах возникновение молекулярной связи.

«Полуклассическая» теория Бора не могла также ответить на вопрос, как движется электрон при переходе с одного уровня энергии на другой.

Дальнейшая напряжённая разработка вопросов теории атома привела к убеждению, что, сохраняя классическую картину движения электрона по орбите, логически стройную теорию построить невозможно.

Осознание того факта, что движение электронов в атоме не описывается в терминах (понятиях) классической механики (как движение по определённой траектории), привело к мысли, что вопрос о движении электрона между уровнями несовместим с характером законов, определяющих поведение электронов в атоме, и что необходима новая теория, в которую входили бы только величины, относящиеся к начальному и конечному стационарным состояниям атома.

В 1925 В. Гейзенбергу удалось построить такую формальную схему, в которой вместо координат и скоростей электрона фигурировали некие абстрактные алгебраические величины — [матрицы](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/074/415.htm); связь матриц с наблюдаемыми величинами (энергетическими уровнями и интенсивностями квантовых переходов) давалась простыми непротиворечивыми правилами. Работа Гейзенберга была развита М. Борном и П. Иорданом. Так возникла матричная механика. Вскоре после появления уравнения Шрёдингера была показана математическая эквивалентность волновой (основанной на уравнении Шрёдингера) и матричной механики. В 1926 М. Борн дал вероятностную интерпретацию волн де Бройля (см. ниже).

  Большую роль в создании квантовой механики сыграли работы Дирака, относящиеся к этому же времени. Окончательное формирование квантовой механики как последовательной физической теории с ясными основами и стройным математическим аппаратом произошло после работы Гейзенберга (1927), в которой было сформулировано [неопределённостей соотношение](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/081/150.htm) — важнейшее соотношение, освещающее физический смысл уравнений квантовой механики., её связь с классической механикой и другие как принципиальные вопросы, так и качественные результаты квантовой механики. Эта работа была продолжена и обобщена в трудах Бора и Гейзенберга.

  Детальный анализ спектров атомов привёл к представлению (введённому впервые Дж. Ю. [Уленбеком](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/113/932.htm) и С. [Гаудсмитом](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/008/778.htm) и развитому В. [Паули](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/087/472.htm)) о том, что электрону, кроме заряда и массы, должна быть приписана ещё одна внутренняя характеристика ([квантовое число](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/060/315.htm)) — [спин](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/105/261.htm).

Важную роль сыграл открытый В. Паули (1925) так называемый принцип запрета имеющий фундаментальное значение в теории атома, [молекулы](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/077/552.htm), ядра, твёрдого тела.

  В течение короткого времени квантовой механика была с успехом применена к широкому кругу явлений. Были созданы теории атомных спектров, строения молекул, химической связи, периодической системы Д. И. [Менделеева](http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/075/456.htm), металлической проводимости и ферромагнетизма. Эти и многие др. явления стали (по крайней мере качественно) понятными.

# Создание нерелятивистской квантовой механики

Такие новые представления и принципы были созданы плеядой вы­дающихся физиков XX в. в 1925—1927 гг.: В. Гейзенберг установил основы так называемой матричной механики; Л. де Бройль, а за ним Э. Шредингер разработали волновую механику. Вскоре выяснилось, что и матричная механика, и волновая механика — различные формы единой теории, получившей название квантовой механики.

К созданию матричной механики В. Гейзенберг пришел в ре­зультате исследований спектральных закономерностей, а также тео­рии дисперсии, где атом представлялся некоторой символической математической моделью — как совокупность виртуальных гармо­нических осцилляторов. Представления об атоме как о системе, состоящей из ядра и вращающихся вокруг него электронов, которые обладают определенной массой, движутся с определенной скорос­тью по определенной орбите, нужно понимать лишь как аналогию для установления математической модели. Указанный метод исследования и развил Гейзенберг, распространив его вообще на теорию атомных явлений.

В 1926 г. Гейзенберг впервые высказал основные положения кван­товой механики в матричной форме. Теория атомных явлений, по Гейзенбергу, должна ограничиваться установлением соотношений между величинами, которые непосредственно измеряются в экспери­ментальных исследованиях («наблюдаемыми» величинами, в терми­нологии Гейзенберга) — частотой излучения спектральных линий, их интенсивностью, поляризацией и т.п. «Ненаблюдаемые» величины, такие, как координаты электрона, его скорость, траектория, по кото­рой он движется, и т.д., не следует использовать в теории атома.

Однако в согласии с принципом соответствия новая теория должнa определенным образом соответствовать классическим теориям, т.е. соотношения величин новой теории должны быть аналогичными соотношениям классических величин. При этом каждой классичес­кой величине нужно найти соответствующую ей квантовую величину и, пользуясь классическими соотношениями, составить соответст­вующие им соотношения между найденными квантовыми величина­ми. Такие соответствия могут быть получены только из операций измерения.

Анализируя закономерности измерения величин в квантовой механике, Гейзенберг приходит к важному принципиальному результату о невозможности одновременного точного измерения двух кано­нически сопряженных величин и устанавливает так называемое соотношение неопределенностей



где Δqi— точность измерения какой-либо из координат частицы;

Δpi — точность одновременного измерения соответствующего импульса;

h— постоянная Планка.

Этот принцип является основой физической интерпретации квантовой механики.

Второе направление в создании квантовой механики сначала раз­вивалось в работах Л. де Бройля. Он высказал идею о волновой при­роде материальных частиц. На основании уже установленного факта одновременно и корпускулярной, и волновой природы света, а также оптико-механической аналогии де Бройль пришел к идее о существовании волновых свойств любых частиц материи.

На первые работы де Бройля, в которых высказывалась идея волн, связанных с материальными частицами, не обратили серьезного вни­мания. Де Бройль впоследствии писал, что высказанные им идеи были приняты с «удивлением, к которому несомненно примешива­лась какая-то доля скептицизма». Но не все скептически отнеслись к идеям де Бройля. Особенно сильное влияние идеи де Бройля оказали на Э. Шрёдингера, который увидел в них основу для создания новой теории квантовых процессов. В 1926 г. Шрёдингер, развивая идеи де Бройля, построил так называемую волновую механику.

Шрёдингер приходит к мысли, что квантовые процессы следует понимать как некие волновые процессы, характеризуемые волновой функцией Ψ. Тогда образ материальной точки, занимающей опреде­ленное место в пространстве, строго говоря, является приближен­ным и может быть сохранен только при рассмотрении макропроцес­сов, подобно тому как мы пользуемся представлением о световом луче, которое теряет смысл, если рассматривать явления дифракции и интерференции. Функция Ψ должна удовлетворять волновому урав­нению («уравнение Шрёдингера»). Шрёдингер поставил вопрос о связи его теории с теорией Гейзенберга и показал, что при всем различии исходных физических положений они математически эк­вивалентны.

Иначе говоря, в квантовой механике разница между полем и сис­темой частиц исчезает. Так, например, электрон, вращающийся во­круг ядра, можно представить как волну, длина которой зависит от ее скорости. Там, где укладывается целое число длин волн электрона, волны складываются и образуют боровские разрешенные орбиты. А там, где целое число длин волн не укладывается, гребни волн ком­пенсируют впадины, там орбиты не будут разрешены.

Волновая механика получила прямое экспериментальное под­тверждение в 1927г., когда К-Дж. Дэвиссон и П. Джермер обнаружили явление дифракции электронов. Кроме того, выяснилось, что пра­вильно и количественное соотношение для длин «волн де Бройля».

Квантовая механика — теоретическая основа современной химии. Ядро атома с порядковым номером N и массовым числом М содержит N протонов и (М- N) нейтронов (всего М нуклонов). Число электро­нов оболочек равно числу протонов в ядре, поэтому в нормальном состоянии атом нейтрален. Электроны распределяются на оболоч­ках в строгом порядке: на первой к ядру не более 2 электронов; на второй — не более 8; на третей — не более 18 и т.д. Когда два атома сталкиваются, они или объединяются вместе, обобществляя свои оболочки, или вновь расходятся после перераспределения электро­нов. Число электронов на внешней оболочке и определяет химичес­кую активность элемента.

С помощью квантовой теории удалось построить также более совершенные теории твердого тела, электрической проводимости, термоэлектрических явлений и т.д. Она дала основания для постро­ения теории радиоактивного распада, а в дальнейшем стала базой для ядерной физики.

Вслед за основополагающими работами Шрёдингера по волно­вой механике были предприняты первые попытки релятивистского обобщения квантово-механических закономерностей, и уже в 1928 г. П. Дирак заложил основы релятивистской квантовой механики.

# Проблема интерпретации квантовой механики. Принцип дополнительности

Созданный группой физиков в 1925—1927 гг. формальный математи­ческий аппарат квантовой механики убедительно продемонстриро­вал свои широкие возможности по количественному охвату значи­тельного эмпирического материала; не оставалось сомнений, что квантовая механика пригодна для описания определенного круга яв­лений. Вместе с тем исключительная абстрактность квантово-меха­нических формализмов, значительные отличия от классической ме­ханики (замена кинематических и динамических переменных аб­страктными символами некоммутативной алгебры, отсутствие поня­тия электронной орбиты, необходимость интерпретации формализмов и др.) рождали ощущение незавершенности, неполно­ты новой теории. В результате возникло мнение о необходимости ее завершения.

Возникла дискуссия о том, каким путем это нужно делать. А. Эйнштейн и ряд физиков считали, что квантово-механическое описание физической реальности существенно неполно. Иначе говоря, созданная теория не является фундаментальной теорией, а лишь промежуточной ступенью по отношению к ней, поэтому ее необходимо дополнить принципиально новыми постулатами и понятиями, т.е. дорабатывать ту часть оснований новой теории, которая связана с ее принципами.

Другие физики (Н. Бор, В. Гейзенберг, М. Борн и др.) считали, что новая теория является фундаментальной и дает полное описание физической реальности, а «прояснить положение вещей можно было здесь только путем более глубокого исследования проблемы наблю­дений в атомной физике» . Иначе говоря, Бор и его единомышленни­ки полагали, что «доработку» квантовой механики следует вести по линии уточнения той части ее оснований, которые связаны не с принципами теории, а с ее методологическими установками, по линии интерпретации созданного математического формализма. Разработка методологических установок квантовой механики, являвшаяся важнейшим звеном в интерпретации этой теории, продолжалась вплоть до конца 40-х гг. Завершение выработки этой интерпре­тации означало и завершение научной революции в физике, начав­шейся в конце XIX в.

Основной отличительной особенностью экспериментальных ис­следований в области квантовой механики является фундаменталь­ная роль взаимодействия между физическим объектом и измерительным устройством. Это связано с корпускулярно-волновым дуализмом. И свет, и частицы проявляют в различных условиях противоречивые свойства, в связи с чем о них возникают противоречивые представ­ления. В одном типе измерительных приборов (дифракционная ре­шетка) они представляются в виде непрерывного поля, распределен­ного в пространстве, будь то световое поле или поле, которое описы­вается волновой функцией. В другом типе приборов (пузырьковая камера) эти же микроявления выступают как частицы, как материаль­ные точки. Причина корпускулярно-волнового дуализма, по Бору, в том, что сам микрообъект не является ни волной, ни частицей в обычном понимании.

Невозможность провести резкую границу между объектом и при­бором в квантовой физике выдвигает две задачи:

1)каким образом можно отличить знания об объекте от знаний о приборе;

2) каким образом, различив их, связать в единую картину, теорию объекта.

Вследствие того что сведения о микрообъекте, о его характерис­тиках получают в результате его взаимодействия с классическим при­бором (макрообъёктом), микрообъект можно интерпретировать только в классических понятиях, т. е. использовать классические представления о волне и частице. Мы как бы вынуждены говорить на классическом языке, хотя с его помощью нельзя выразить все особенности микрообъекта, который не является классическим. Поэтому первая задача разрешается введением требования описывать поведе­ние прибора на языке классической физики, а принципиально ста­тистическое поведение микрочастиц — на языке квантово-механических формализмов. Вторая задача разрешается с помощью принци­па дополнительности: волновое и корпускулярное описания микропроцессов не исключают и не заменяют друг друга, а взаимно дополняют друг друга. При одном представлении микрообъекта используется причинное описание соответствующих процессов, в другом случае — простран­ственно-временное. Единая картина объекта синтезирует эти два описания.

# Квантово-полевая картина мира

Согласно электромагнитной картине мира окружающий человека мир представляет собой сплошную среду — поле, которое может иметь в разных точках различную температуру, концентрировать разный энергетический потенциал, по-разному двигаться и т.д. Сплошная среда может занимать значительные области пространства, ее свойства изменяются непрерывно, у нее нет резких границ. Этими свойствами поле отличается от физических тел, имеющих определенные и четкие границы. Разделение мира на тела и частицы поля, на поле и пространство является свидетельством существования двух крайних свойств мира — дискретности и непрерывности. Дискретность (прерывность) мира означает конечную делимость всего пространственно-временного строения на отдельные ограниченные предметы, свойства и формы движения, тогда как непрерывность (континуальность) выражает единство, целостность и неделимость объекта.

В рамках классической физики дискретность и непрерывность мира первоначально выступают как противоположные друг другу, отдельные и независимые, хотя в целом и взаимодополняющие свойства. В современной физике это единство противоположностей, дискретного и непрерывного нашло свое обоснование в концепции корпускулярно-волнового дуализма.

В основе современной квантово-полевой картины мира лежит новая физическая теория — квантовая механика, описывающая состояние и движение микрообъектов материального мира.

Квантовой механикой называют теорию, устанавливающую способ описания и законы движения микрочастиц (элементарных частиц, атомов, молекул, атомных ядер) и их систем, а также связь величин, характеризующих частицы и системы, с физическими величинами, непосредственно измеряемыми опытным путем.

Законы квантовой механики составляют фундамент изучения строения вещества. Они позволяют выяснить строение атомов, установить природу химической связи, объяснить периодическую систему элементов, изучить свойства элементарных частиц.

Поскольку свойства макроскопических тел определяются движением и взаимодействием частиц, из которых они состоят, то законы квантовой механики лежат в основе понимания большинства макроскопических явлений. Например, квантовая механика позволила определить строение и понять многие свойства твердых тел, последовательно объяснить явления ферромагнетизма, сверхтекучести, сверхпроводимости, понять природу астрофизических объектов — белых карликов, нейтронных звезд, выяснить механизм протекания термоядерных реакций на Солнце и звездах.

Разработка квантовой механики относится к началу XX в., когда были обнаружены физические явления, свидетельствующие о неприменимости механики Ньютона и классической электродинамики к процессам взаимодействия света с веществом и процессам, происходящим в атоме. Установление связи между этими группами явлений и попытки объяснить их на основе теории привели к открытию законов квантовой механики.

Впервые в науке представления о кванте высказал в 1900 г. М. Планк в процессе исследования теплового излучения тел. Своими исследованиями он продемонстрировал, что излучение энергии происходит дискретно, определенными порциями — квантами, энергия которых зависит от частоты световой волны. Эксперименты Планка привели к признанию двойственного характера света, который обладает одновременно и корпускулярными, и волновыми свойствами, представляя собой, таким образом, диалектическое единство этих противоположностей. Диалектика, в частности, выражается в том, что чем короче длина волны излучения, тем ярче проявляются квантовые свойства; чем больше длина волны, тем ярче проявляются волновые свойства света.

В 1924 г. французский физик Л. де Бройль выдвинул гипотезу, что корпускулярно-волновой дуализм имеет универсальный характер, т.е. все частицы вещества обладают волновыми свойствами. Позднее эта идея была подтверждена экспериментально, и принцип корпускулярно-волнового дуализма был распространен на все процессы движения и взаимодействия в микромире.

В частности, Н. Бор применил идею квантования энергии к теории строения атома. Согласно его представлениям в центре атома находится положительно заряженное ядро, в котором сосредоточена почти вся масса атома, а вокруг ядра вращаются по орбитам отрицательно заряженные электроны. Вращающиеся электроны должны терять часть своей энергии, что влечет за собой нестабильное существование атомов. Однако на практике атомы не только существуют, но и являются весьма устойчивыми. Объясняя этот вопрос, Бор предположил, что электрон, совершая движение по своей орбите, не испускает квантов. Излучение происходит лишь при переходе электрона с одной орбиты на другую, т.е. с одного уровня энергии на другой, с меньшей энергией. В момент перехода и рождается квант излучения.

В соответствии с квантово-полевой картиной мира любой микрообъект, обладая волновыми и корпускулярными свойствами, не имеет определенной траектории движения и не может иметь определенных координат и скорости (импульса). Это можно сделать только через определение волновой функции в данный момент, а потом найти его волновую функцию в любой другой момент. Квадрат модуля дает вероятность нахождения частицы в данной точке пространства.

Кроме того, относительность пространства-времени в данной картине мира приводит к неопределенности координат и скорости в данный момент, к отсутствию траектории движения микрообъекта. И если в классической физике вероятностным законам подчинялось поведение большого числа частиц, то в квантовой механике поведение каждой микрочастицы подчиняется не динамическим, а статистическим законам.

Таким образом, материя двулика: она обладает и корпускулярными, и волновыми свойствами, которые проявляются в зависимости от условий. Отсюда общая картина реальности в квантово-полевой картине мира становится как бы двуплановой: с одной стороны, в нее входят характеристики исследуемого объекта, а с другой — условия наблюдения, от которых зависит определенность этих характеристик. Это означает, что картина реальности в современной физике является не только картиной объекта, но и картиной процесса его познания.

Итак, ушли в прошлое представления о неизменности материи и возможности достичь конечного предела ее делимости. Сегодня мы рассматриваем материю с точки зрения корпускулярно-волнового дуализма. Одной из основных особенностей элементарных частиц является их универсальная взаимопревращаемость и взаимозависимость. В современной физике основным материальным объектом является квантовое поле, переход его из одного состояния в другое меняет число частиц.

Кардинально меняется представление о движении, которое становится лишь частным случаем фундаментальных физических взаимодействий. Известно четыре вида фундаментальных физических взаимодействий: гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое. Все они описываются на основе современного принципа близкодействия. В соответствии с ним взаимодействие каждого типа передается соответствующим полем от точки к точке. При этом скорость передачи взаимодействия всегда конечна и не может превышать скорости света в вакууме (300 000 км/с).

Окончательно утверждаются представления об относительности пространства и времени, их зависимости от материи. Пространство и время перестают быть независимыми друг от друга и согласно теории относительности сливаются в едином четырехмерном пространстве-времени, которое не существует вне материальных тел.

Спецификой квантово-полевых представлений о закономерности и причинности является то, что они всегда выступают в вероятностной форме, в виде так называемых статистических законов. Они соответствуют более глубокому уровню познания природных закономерностей. Таким образом, оказалось, что в основе нашего мира лежит случайность, вероятность.

Также новая картина мира впервые включила в себя наблюдателя, от присутствия которого зависели получаемые результаты исследований. Более того, был сформулирован так называемый антропныи принцип, который утверждает, что наш мир таков, каков он есть, только благодаря существованию человека. Отныне появление человека считается закономерным результатом эволюции Вселенной.

# Список использованной литературы.

1. В.М. Найдыш, Концепции современного естествознания: Учеб. пособие. -- М.:Гардарики,2001.-476с.
2. Кунафин М. С. Концепции современного естествознания: Учебное пособие. Изд-е . – Уфа, 2003. 488 с.
3. Концепции современного естествознания: Под ред. профессора С.И. Самыгина. Серия «Учебни­ки и учебные пособия» — 4-е изд., перераб. и доп. — Ростов н/Д: «Феникс», 2003. — 448 с.
4. <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BD> 10.11.10 ,14:40
5. Дорфман Я.Г., Всемирная история физики с начала 19 века до середины 20 века, М., Наука, 1979, 317с.