

**Естественнонаучная картина мира в  
неклассической науке**

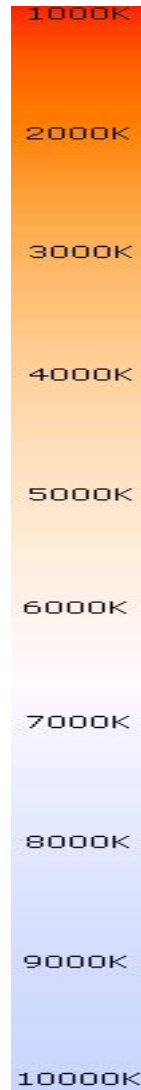
**Формирование парадигмы  
неклассической науки.**

**Революция в естественных науках**



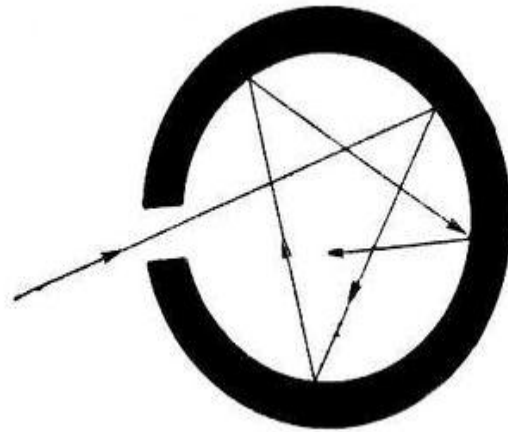
**Макс Планк**  
**1858 – 1947**

## Концепция квантования

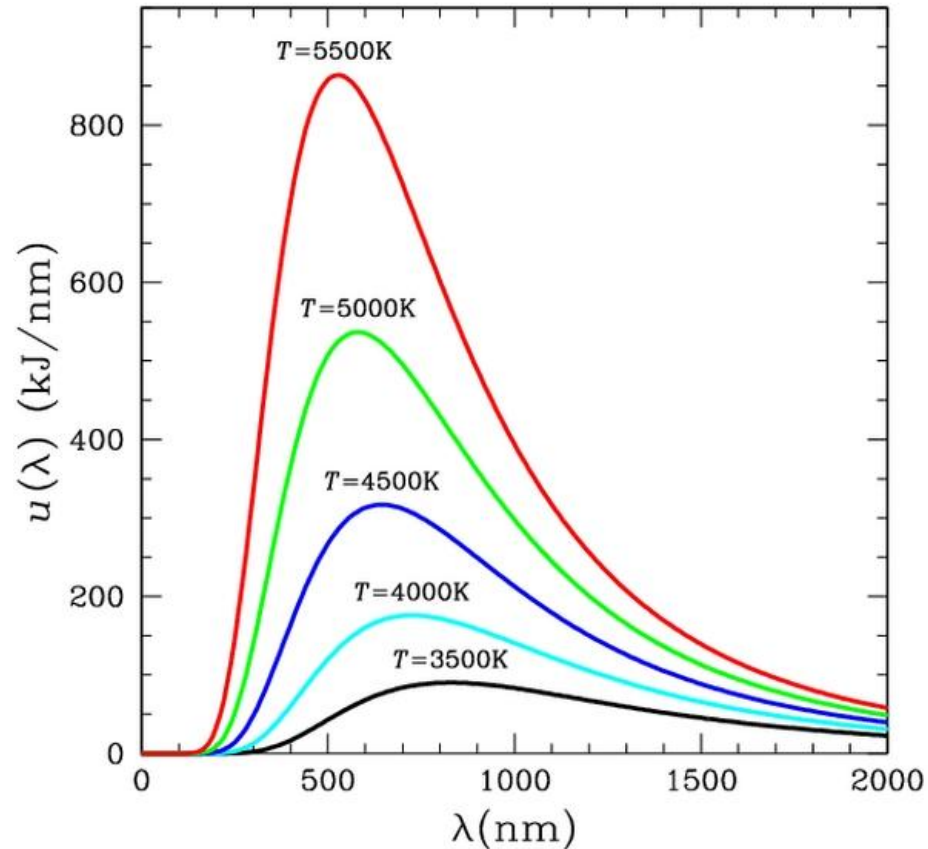


С 1896 г. Планк заинтересовался проблемами **теплового излучения** тел. Любое тело, содержащее тепло, испускает электромагнитное излучение. При повышении температуры тело сначала раскаляется докрасна, затем становится оранжево-желтым и, наконец, белым.

**В качестве идеального эталона для измерения и теоретических исследований физики приняли воображаемое абсолютное черное тело. По определению, абсолютно черным называется тело, которое поглощает все падающее на него излучение и ничего не отражает. Излучение, испускаемое абсолютно черным телом, зависит только от его температуры.**



**Точное количественное описание наблюдаемого распределения энергии излучения в этом случае получило название проблемы черного тела.**



Зависимость мощности излучения чёрного тела от длины волны

Для правильного описания наблюдаемых экспериментально зависимостей энергии излучения от частоты, М. Планку пришлось ввести радикальное понятие, идущее вразрез со всеми установленными принципами. Он предположил, что энергия изменяется не непрерывно, как следовало бы из традиционной физики, а может принимать только дискретные значения, увеличивающиеся (или уменьшающиеся) конечными шагами. Каждый шаг по энергии равен некоторой постоянной (**называемой ныне постоянной Планка**), умноженной на частоту.

$$E = h \cdot \nu,$$

$$h = 6,625 \times 10^{-34} \quad \text{Дж с.}$$

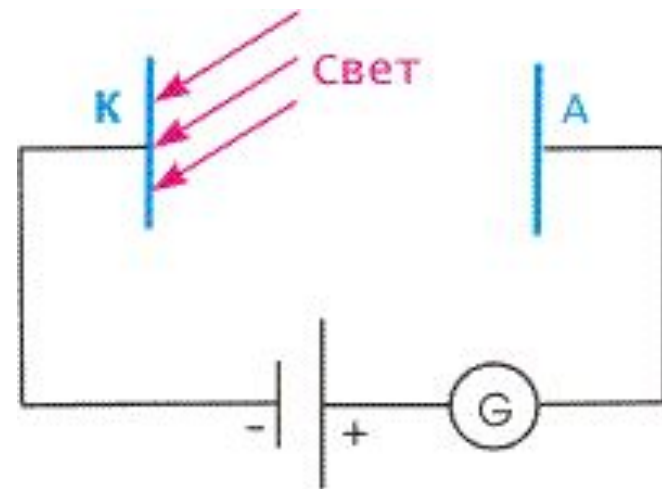
$$I(\nu) = \frac{2\pi h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

Дискретные порции энергии впоследствии получили название **квантов**. Введенная Планком гипотеза ознаменовала рождение квантовой теории, совершившей подлинную революцию в физике.

**В 1905 г., когда Альберт Эйнштейн воспользовался понятием фотона - кванта электромагнитного излучения - для объяснения фотоэлектрического эффекта (испускание электронов поверхностью металла, освещаемой ультрафиолетовым излучением). Эйнштейн предположил, что свет обладает двойственной природой: он может вести себя и как волна (в чем нас убеждает вся предыдущая физика), и как частица (о чем свидетельствует фотоэлектрический эффект).**

**Схема опыт**

**А.Г. Столетова**



***Первый закон фотоэффекта.*** Монохроматическое излучение, освещающее катод, состоит из потока фотонов с энергией  $E = h \cdot \nu$ . При взаимодействии излучения с веществом атом, находящийся в поверхностном слое, поглощает фотон целиком. При этом он может потратить его на испускание электрона. Сила тока насыщения пропорциональна числу электронов  $I \sim n_3$ , следовательно, ток насыщения пропорционален световому потоку:  $I_n \sim \Phi$ .

***Второй закон фотоэффекта.*** При поглощении электроном фотона часть энергии фотона тратится на совершение работы выхода  $A_{\text{вых}}$ , а оставшаяся часть составляет кинетическую энергию фотоэлектрона. На основе закона сохранения энергии можно записать уравнение для фотоэффекта (уравнение Эйнштейна):

$$h \cdot \nu = A_{\text{вых}} + m \cdot V^2 / 2$$

Из формулы видно, что кинетическая энергия фотоэлектронов прямо пропорциональна частоте света.



**Начиная с Планка, человечество стало преодолевать классическую систему мышления. Можно сказать, что он стал отцом нового, неклассического мышления в естествознании, главная черта которого - признание стохастического характера явлений как неотъемлемого фактора бытия природы.**

**Последствия работы Планка для физики отразились в новом понимании поведения материи. На смену альтернативным моделям частицы и поля пришла двуединая корпускулярно-волновая модель, которая во многом отвечает сложности реальной природы.**

**Для человечества в целом важно, что за неклассическими идеями стоит совершенно иная -**



**Вернер Карл  
Гейзенберг  
1901 — 1976**

## **Соотношение неопределенностей**

**Обычно принцип неопределённости иллюстрируется следующим образом. Рассмотрим ансамбль невзаимодействующих эквивалентных частиц, приготовленных в определённом состоянии, для каждой из которых измеряется либо координата  $q$ , либо импульс  $p$ .**

**Если приготовлены несколько идентичных копий системы в данном состоянии, то измеренные значения координаты и импульса будут подчиняться определённому распределению вероятности — это фундаментальный постулат квантовой механики. Измеряя величину стандартного отклонения  $\Delta x$  координаты и стандартного отклонения  $\Delta p$  импульса, мы найдем что:**

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

где  $\hbar$  — постоянная Планка  $h/2\pi$ .

**Существует также соотношение неопределённости между энергией и временем**

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$$

**Соотношения неопределенности означает, что физическая вселенная существует не в детерминистичной форме, а скорее как набор вероятностей, или возможностей. Например, картина (распределение вероятности) произведённая миллионами фотонов, дифрагирующими через щель может быть вычислена при помощи квантовой механики, но точный путь каждого фотона не может быть предсказан никаким известным методом. Именно эту интерпретацию Эйнштейн подвергал сомнению, когда писал Максу Борну: «я уверен, что Бог не бросает кости». На что Нильс Бор ответил: «Эйнштейн, не говорите Богу, что делать».**

***В некоторых научно-фантастических рассказах устройство для преодоления принципа неопределённости называют компенсатором Гейзенберга, наиболее известное используется на звездолёте «Энтерпрайз» из фантастического телесериала Звездный Путь в телепортаторе. Однако, неизвестно, что означает «преодоление принципа***

*В некоторых научно-фантастических рассказах устройство для преодоления принципа неопределённости называют компенсатором Гейзенберга, наиболее известное используется на звездолёте «Энтерпрайз» из фантастического телесериала Звездный Путь в телепортаторе. Однако, неизвестно, что означает «преодоление принципа неопределённости». На одной из пресс-конференций продюсера сериала спросили «Как работает компенсатор Гейзенберга?», на что он ответил «Спасибо, хорошо!».*



**Нильс Хенрик  
Давид Бор**  
1885 — 1962

## Принцип дополнительности

**Н. Бор создал первую квантовую теорию атома, а затем участвовал в разработке основ квантовой механики. Внёс также значительный вклад в развитие теории атомного ядра и ядерных реакций, процессов взаимодействия элементарных частиц со средой. В 1927 году сформулировал знаменитый **принцип дополнительности** — методологический принцип, согласно которому, для того чтобы наиболее адекватно описать физический объект, относящийся к микромиру, его нужно описывать во взаимоисключающих, дополнительных системах описания, например одновременно и как **волну**, и как **частицу**.**

**Значение принципа дополнительности выходит далеко за пределы квантовой механики, где он возник первоначально. Лишь позже — при попытках распространить его на другие области науки — выяснилось его истинное значение для всей системы человеческих знаний. Его пытаются применять в психологии, биологии, этнографии, лингвистике и даже в литературе. Можно спорить о правомерности такого шага, но нельзя отрицать его плодотворность во всех случаях, даже далеких от физики.**

**Принцип дополнительности находится в соответствии с результатами теоремы Гёделя о принципиальной неполноте замкнутой системы аксиом. Из этих результатов следует, что никакое строго фиксированное расширение аксиом этой системы не может сделать ее полной, — всегда найдутся новые истины, не выражимые ее средствами, но невыводимые из нее.**

Так, например, в отношении культуры принцип дополнительности может быть применен в следующем виде: недостаточность информации, находящейся в распоряжении мыслящей индивидуальности, делает необходимым для нее обращение к другой такой же единице. Существо, действующее в условии *полной* информации, не нуждается в себе подобном для принятия решений. Нормальной для человека ситуацией является деятельность в условиях недостаточной информации. Сколь ни распространяли бы мы круг наших сведений, потребность в информации будет развиваться, обгоняя темп нашего научного прогресса. Следовательно, по мере роста знания незнание будет не уменьшаться, а возрастать, а деятельность, делаясь более эффективной, — не облегчаться, а затрудняться. В этих условиях недостаток информации компенсируется ее стереоскопичностью — возможностью получить совершенно иную проекцию той же реальности — перевод ее на совершенно другой язык. Польза партнера по коммуникации заключается в том, что он *другой*.

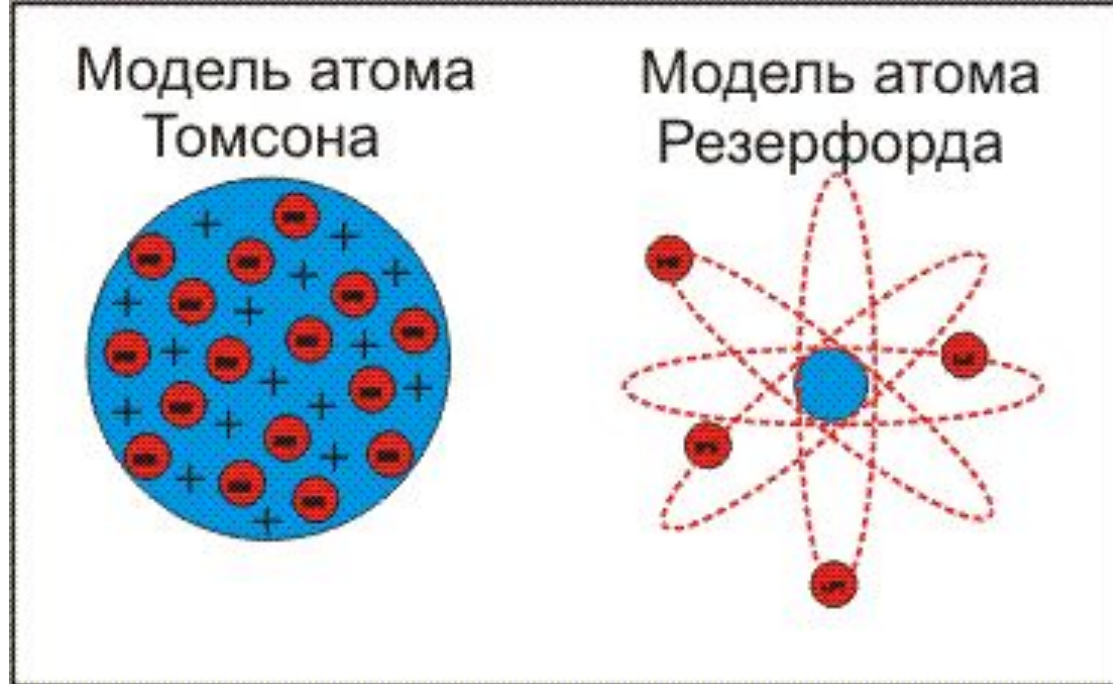


# Современные представления о микромире



**Сэр Джозеф  
Джон Томсон  
1856 — 1940**

**В 1897 году Дж. Томсон открыл электрон, а в начале XX в. он выдвинул гипотезу, что атом представляет собой размытую сферу, несущую положительный электрический заряд, в которой распределены отрицательно заряженные электроны (как в конце концов стали называть его корпускулы). Эта модель, хотя она и была вскоре вытеснена ядерной моделью атома, предложенной Резерфордом, обладала чертами, ценными для ученых того времени и стимулировавшими их поиски.**



**Эрнест Резерфорд**

1871 — 1937

**Эрнест Резерфорд считается величайшим физиком-экспериментатором двадцатого столетия. Он является центральной фигурой в наших познаниях в области радиоактивности, а также человеком, который положил начало ядерной физике. Помимо своего огромного**

**теоретического значения его открытия получили широкий спектр применения. Влияние трудов Резерфорда на мир огромно. Оно продолжает расти и, похоже, еще увеличится в будущем.**

**Схема опыта Резерфорда  
по рассеянию  $\alpha$  - частиц.**

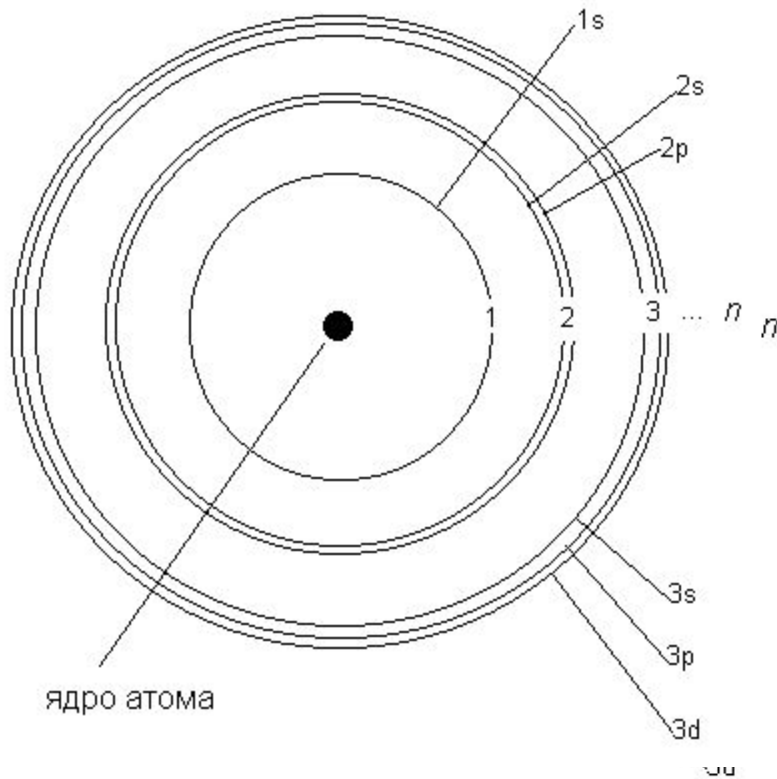


Рисунок с сайта [www.college.ru](http://www.college.ru)

**Но Резерфорд (работая с Гейгером и Марсденом, своими двумя молодыми помощниками) обнаружил, что некоторые альфа-частицы, проходя сквозь золотую фольгу, отклоняются очень сильно. Фактически некоторые вообще отлетают назад!**

**Почувствовав, что за этим кроется нечто важное, ученый тщательно посчитал количество частиц, полетевших в каждом направлении. Затем путем сложного, но вполне убедительного математического анализа он показал единственный путь, которым можно было объяснить результаты экспериментов: атом золота состоял почти полностью из пустого пространства, а практически вся атомная масса была сконцентрирована в центре, в маленьком "ядре" атома!**

# Планетарная модель атома



## 1. В центре атома - положительно заряженное ядро:

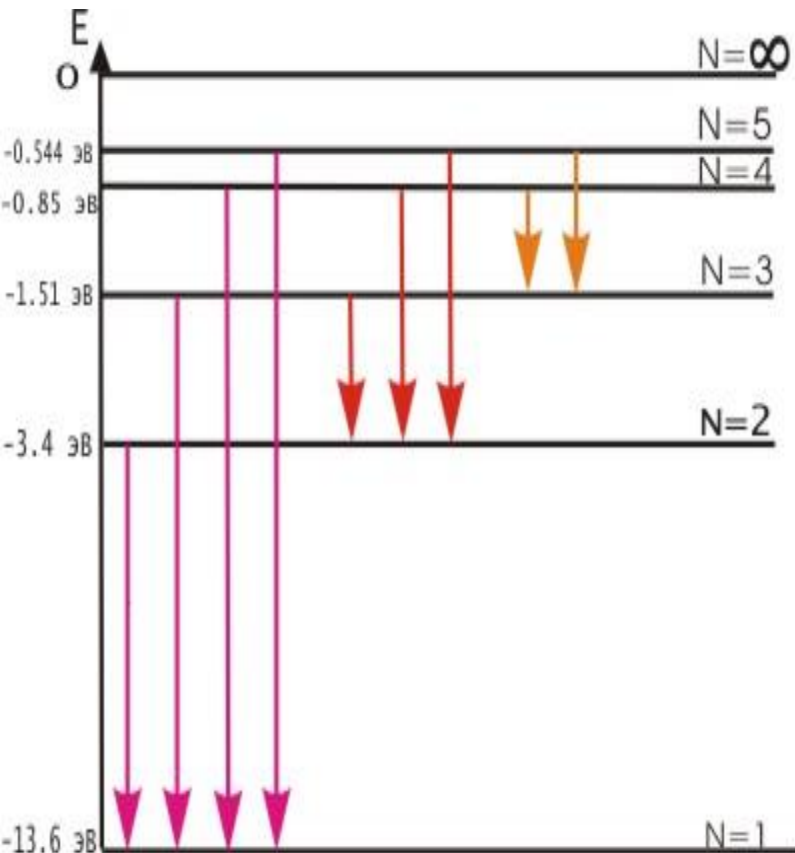
- заряд ядра  $q = Z \cdot e$ , где  $Z$  - порядковый номер элемента в таблице Менделеева,  $e = 1.6 \cdot 10^{-19}$  Кл - элементарный заряд;
- размер ядра  $10^{-13}$  см;
- масса ядра фактически равна массе атома.

## 2. Электроны движутся вокруг ядра по круговым и эллиптическим орбитам, как планеты вокруг Солнца:

- электроны удерживаются на орбите кулоновской силой притяжения к ядру, создающей центростремительное ускорение.
- число электронов в атоме равно  $Z$  (порядковый номер элемента) электроны движутся с большой скоростью, образуя электронную оболочку атома.

# Квантовые постулаты Бора

Планетарная модель атома является внутренне противоречивой. Движущийся с ускорением заряд излучает электромагнитную волну. При этом энергия атома уменьшается: электрон должен упасть на ядро, а атом прекратить свое существование.



**Первый постулат:**

Атомы имеют ряд стационарных состояний соответствующих определенным значениям энергий:  $E_1, E_2 \dots E_n$ . Находясь в стационарном состоянии, атом энергии не излучает, несмотря на движение электронов.

## **Второй постулат:**

**В стационарном состоянии атома электроны движутся по стационарным орбитам, для которых выполняется квантовое соотношение:**

$$m \cdot v \cdot r = n \cdot h / 2 \cdot \pi \quad (1)$$

**где  $m \cdot v \cdot r = L$  - момент импульса,  $n=1,2,3\dots$ ,  $h$ -постоянная Планка.**

## **Третий постулат:**

**Излучение или поглощение энергии атомом происходит при переходе его из одного стационарного состояния в другое. При этом излучается или поглощается порция энергии (*квант*), равная разности энергий стационарных состояний, между которыми происходит переход:**

$$\varepsilon = h \cdot \nu = E_m - E_n \quad (2)$$

## Схемы переходов в атоме:

1. из **основного** стационарного состояния в **возбужденное**

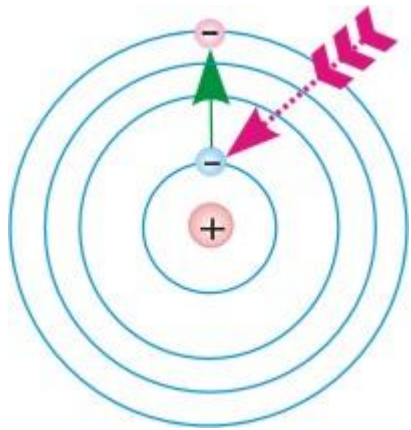


Рис. 1.

2. из **возбужденного** стационарного состояния в **основное**.

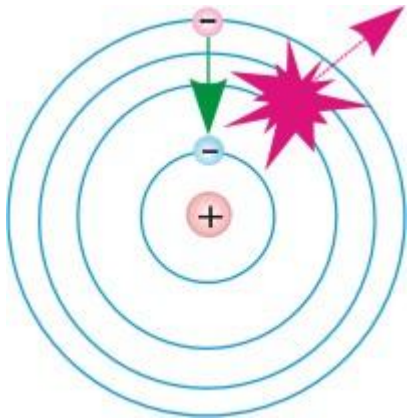


Рис. 2.

# Творцы квантовой теории



Луи Виктор  
Пьер  
Раймон,  
7-й герцог  
Брольи,  
(Луи де  
Бройль)  
1892—1987

Де Бройль первым понял, что если волны могут вести себя как частицы, то и частицы могут вести себя как волны. Он применил теорию Эйнштейна - Бора о дуализме волна-частица к материальным объектам. По аналогии с соотношением между длиной волны света и энергией фотона де Бройль высказал гипотезу о существовании соотношения между длиной волны и импульсом частицы (массы, умноженной на скорость частицы). В каком обличье (волны или частицы) проявляет себя материальный объект зависит от условий наблюдения.

Для частиц не очень высокой энергии, движущихся со скоростью  $v \ll c$ , импульс равен  $p = mv$  и длина волны определяется условием:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$



**Следовательно, длина волны де Бройля тем меньше, чем больше масса частицы и её скорость. Например, частице с массой в 1 г, движущейся со скоростью 1 м/с, соответствует волна де Бройля с  $\lambda \approx 6,62 \cdot 10^{-31}$  м, что лежит за пределами доступной наблюдению области. Поэтому волновые свойства несущественны в механике макроскопических тел. Для электронов же с энергиями от 1 эВ до 10 000 эВ длина волны де Бройля лежит в пределах от  $\sim 1$  нм до  $10^{-2}$  нм, то есть в интервале длин волн рентгеновского излучения. Поэтому волновые свойства электронов должны проявляться, например, при их рассеянии на тех же кристаллах, на которых наблюдается дифракция рентгеновских лучей.**



**Эрвин Рудольф  
Йозеф  
Александр  
Шрёдингер  
1887 — 1961**

**Введя понятие функции, описывающей состояние микрообъекта, Шрёдингер получил знаменитое «волновое уравнение» материи — уравнение Шредингера, играющее в атомной физике такую же фундаментальную роль, как ньютоновские уравнения в классической механике и уравнения Максвелла в классической электродинамике. Зная функцию в один из моментов времени, можно, решив уравнение Шредингера, получить ее и для любого другого момента времени. Сама функция описывает лишь вероятностное распределение состояний микрочастицы.**



**Поль Адриен  
Морис Дирак  
1902 — 1984**

**В 1928 Дирак решил проблему, которую не удалось решить Шредингеру: вывел релятивистское уравнение для электрона. Это уравнение обладало важной особенностью — из него вытекало понятие спина, которое отсутствовало в нерелятивистском уравнении Шредингера; кроме того, оно объясняло тонкую структуру спектров атома водорода и эффект Зеемана. В 1931 году Дирак выдвинул гипотезу о существовании элементарного магнитного заряда — монополя, в 1933 — антивещества**

# Строение атомного ядра и элементарные частицы

К 1932 году были открыты частицы, которые считали  
**элементарными**

Год	Исторические факты
1897	Дж. Дж. Томсон открыл первую элементарную частицу - электрон
1905	А. Эйнштейн выдвинул гипотезу о существовании квантов света – фотонов
1913	Э. Резерфорд предсказал существование протона
1919	Э. Резерфорд открыл протон
1928	П. Дирак выдвинул гипотезу о существовании античастиц
1930	В. Паули выдвинул гипотезу о существовании нейтрино
1932	Дж. Чедвик открыл нейтрон
1932	К. Андерсон открыл позитрон, античастицу электрона



На основе этих открытий, Д.Д.Иваненко и В. Гейзенберг выдвинули в 1932 году протонно-нейтронную модель строения атомного ядра. Согласно этой модели ядро состоит из протонов и нейтронов. Эта модель объясняла массу и заряд ядра и существование изотопов.

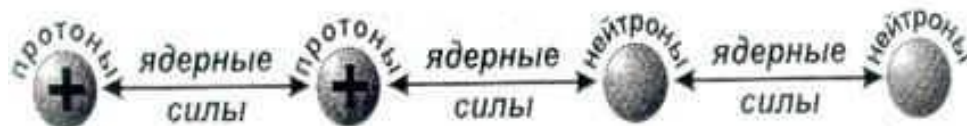
Дмитрий  
Дмитриевич  
Иваненко  
1904-1994



$$q_p = e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \quad \leftarrow \begin{array}{c} \text{ПРОТОНЫ} \\ \oplus \end{array} \rightarrow m_p \approx 1836 m_e$$

$$q_n = 0 \quad \leftarrow \begin{array}{c} \text{НЕЙТРОНЫ} \\ \ominus \end{array} \rightarrow m_n \approx 1839 m_e$$

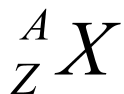
$$q_n = \sum q_p = +Ze \Leftrightarrow \boxed{A = Z + N} \Rightarrow \begin{array}{l} A - \text{массовое число} \\ Z - \text{число протонов в ядре} \\ N - \text{число нейтронов в ядре} \end{array}$$



ядерные силы притяжения > в 100 раз электр. сил

Так, например, ядро атома He содержит два протона и два нейтрона. Изотопы He могут содержать до четырех нейтронов.

Приняты следующие обозначения ядер атомов и их изотопов



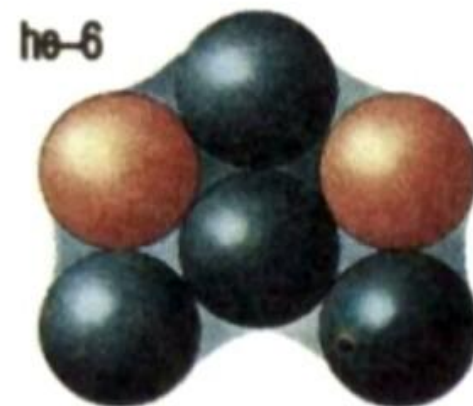
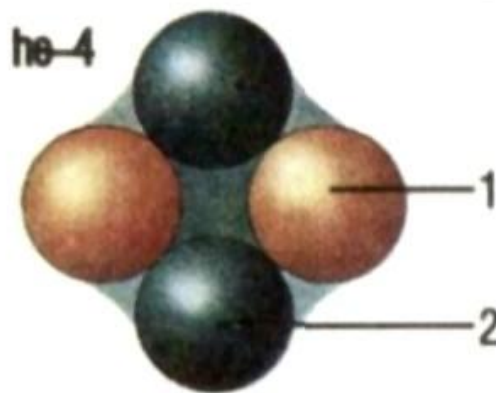
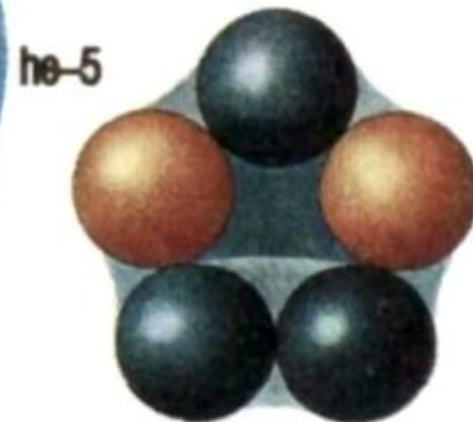
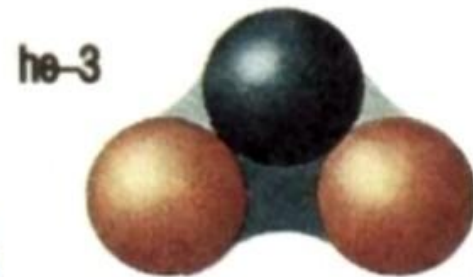
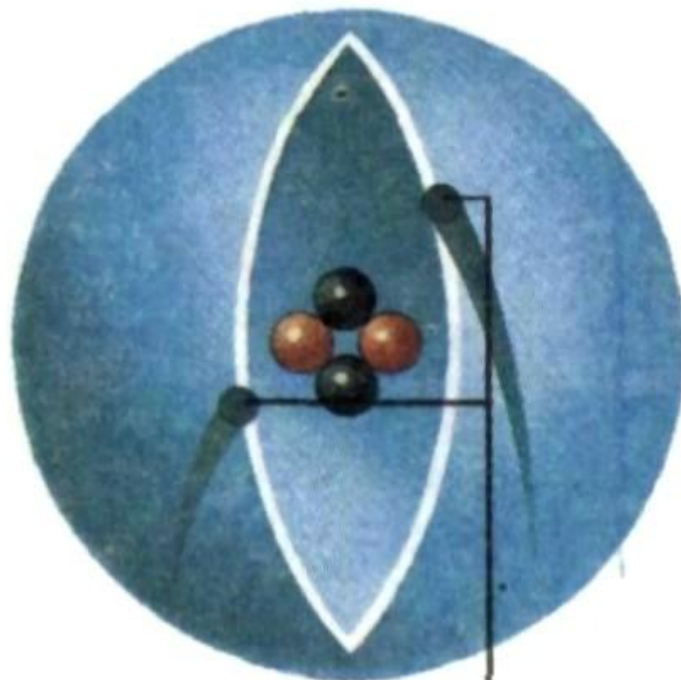
X – обозначение химического элемента

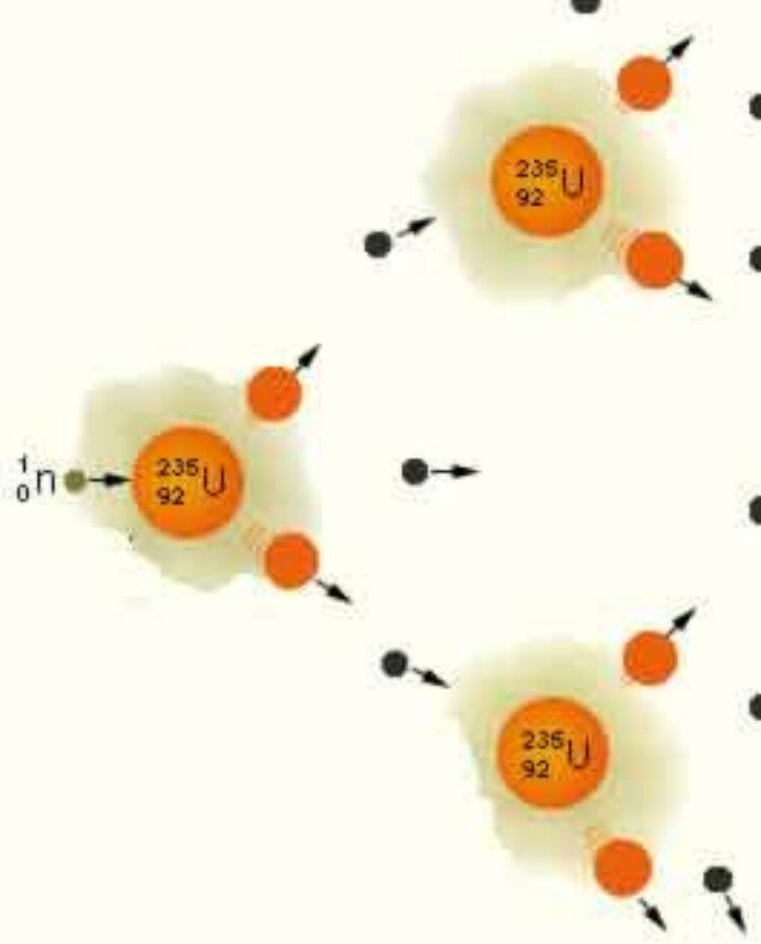
A – массовое число

$$A = Z + N$$

Z – заряд ядра (число протонов)

N – число нейтронов





Дальнейшие исследования структуры ядер привели к открытию цепной реакции деления ядер урана.

Цепная реакция может:

1. нарастать лавинообразно (характер взрыва) - в атомной бомбе;
2. может прекратиться (затухнуть) - мала масса урана;
3. может быть управляемой - на атомных электростанциях.

**Критическая масса** - наименьшая масса при которой возможно протекание цепной ядерной реакции.

В активной зоне ядерного реактора идет управляемая ядерная реакция с выделением большого количества энергии. При делении ядер урана выделяется 200 МэВ. При полном делении всех ядер, содержащихся в 1 г урана, выделяется такая же энергия, как и при сгорании 3 т угля или 2,5 т нефти

# Дальнейшее открытие элементарных частиц

Год	Исторические факты
1935	Х. Юкава предсказал существование пионов
1938	К Андерсон и С. Неддермайер открыл мюон
1947	С. Пауэл и др. открыли пионы
1949	С. Пауэл и др. открыли каоны
1951	Открыт первый лямбда-ноль-гиперон
1955	О. Чемберлен, Э.Сегре открыли антипротон
1960	В объединенном институте ядерных исследований в Дубне (СССР) открыты антигипероны
1964	М.Гелл-Манн и Дж.Цвейг независимо друг от друга предложили кварковую модель адронов
1995	Открыт шестой t-кварк

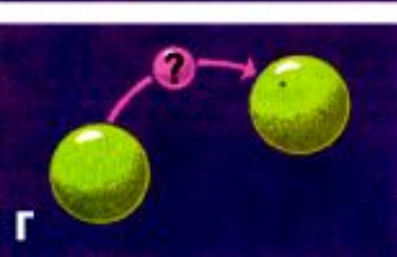
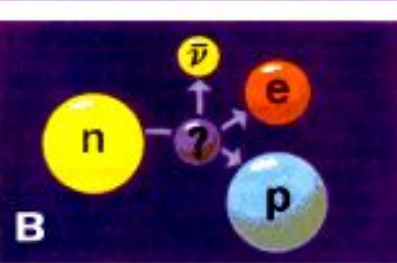
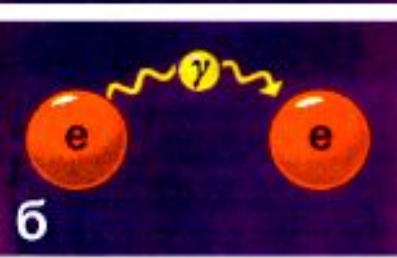


# ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

**Элементарные частицы** - это первичные, далее неразложимые частицы, из которых, по предположению, состоит вся материя.

Элементарные частицы современной физики не удовлетворяют строгому определению элементарности, поскольку большинство из них по современным представлениям являются составными системами. Общее свойство этих систем заключается в том. Что они не являются атомами или ядрами (исключение составляет протон). Поэтому иногда их называют субъядерными частицами.

В современной физике в группу элементарных относятся более 400 частиц, в основном нестабильных, и их число продолжает расти. **Наиболее важное квантовое свойство** всех элементарных частиц - это способность **рождаться и уничтожаться** (испускаться и поглощаться) при взаимодействии с другими частицами. Все процессы с элементарными частицами протекают через последовательность актов их поглощения и испускания.



В соответствии с различной интенсивностью протекания взаимодействия элементарных частиц феноменологически делят на несколько классов: **сильное, электромагнитное и слабое**. Кроме того, все элементарные частицы обладают гравитационным взаимодействием.

**Сильное взаимодействие** (а) обуславливает связь протонов и нейтронов в ядрах атомов.

**Электромагнитное взаимодействие** (б) обеспечивает связь ядер и электронов в атомах и молекулах вещества, и тем самым определяет возможность устойчивого состояния таких микросистем.

**Слабое взаимодействие** (в) элементарных частиц вызывает очень медленно протекающие процессы с элементарными частицами, в том числе распады квазистабильных частиц.

**Гравитационное взаимодействие** (г) на характерных для элементарных частиц расстояниях дает чрезвычайно малые эффекты из-за малости масс элементарных частиц.

**В зависимости от участия в тех или иных видах взаимодействия все изученные элементарные частицы, за исключением фотона, разбиваются на две основные группы - **адроны и лептоны**.**

**Адроны** (от греч. - большой, сильный) - класс элементарных частиц, участвующих в сильном взаимодействии (наряду с электромагнитным и слабым).

Адроны состоят из **кварков**. К адронам, в частности, относятся частицы, составляющие ядро атома, — протон и нейтрон.

**Лептоны** (от греч. - тонкий, легкий) - класс элементарных частиц, не обладающих сильным взаимодействием, участвующих только в электромагнитном и слабом взаимодействии.

Лептоны имеют вид точечных частиц (т. е. не состоящих ни из чего) вплоть до масштабов порядка  $10^{-18}$  м. Не участвуют в сильных взаимодействиях. Известны 6 типов лептонов (в том числе, электрон).

• **Кварки** — дробнозаряженные частицы, входящие в состав адронов. В свободном состоянии не наблюдались. Как и лептоны, делятся на 6 типов и являются бесструктурными, однако, в отличие от лептонов, участвуют в сильном взаимодействии.

взаимодействия осуществляются посредством особых частиц, которые называются калибровочными бозонами:

**фотон** — частица, переносящая электромагнитное взаимодействие;

восемь **глюонов** — частиц, переносящих сильное взаимодействие;

три **промежуточных бозона**  $W^+$ ,  $W^-$  и  $Z^0$ , переносящие слабое взаимодействие;

**гравитон** — гипотетическая частица, переносящая гравитационное взаимодействие. Существование гравитонов, хотя пока не доказано экспериментально, считается вполне вероятным.

**Адроны и лептоны** образуют вещество. Калибровочные бозоны — это кванты разных видов излучения.

# Стандартная модель

THE STANDARD MODEL						
	Fermions			Bosons		
Quarks	$u$ up	$c$ charm	$t$ top	$\gamma$ photon	Force carriers	
	$d$ down	$s$ strange	$b$ bottom	$Z$ Z boson		
Leptons	$\nu_e$ electron neutrino	$\nu_\mu$ muon neutrino	$\nu_\tau$ tau neutrino	$W$ W boson		
	$e$ electron	$\mu$ muon	$\tau$ tau	$g$ gluon		

$Higgs^*$   
boson

\*Yet to be confirmed

Source: AAAS

Стандартная модель физики элементарных частиц включает в себя шесть кварков, шесть лептонов, частицы-переносчики взаимодействий (фотон, глюон, W- и Z-бозоны), а также бозон Хиггса. Хиггсовский бозон открыт совсем недавно – в 2012 году в экспериментах на Большом Адронном Коллайдере (БАК).

# Первая кварковая модель элементарных частиц



**u (up),  $q = 2/3$**



**d (down),  $q = - 1/3$**



**s(strange),  $q = - 1/3$**

**p = uud,      n = udd**

Однако *ни разу* ни в каком распаде никакого адрона не наблюдались свободные кварки. То есть адроны состоят из кварков, но распадаются не на них, а на группки кварков. Такая неожиданная особенность поведения кварков связана со свойствами сильного взаимодействия — **глюонного поля**, которое связывает кварки внутри адронов. В отличие от гравитационных или электрических сил, и даже в отличие от ядерных сил между протонами и нейтронами, сила взаимодействия, связывающего кварки, не уменьшается с удалением их друг от друга. В результате какую бы энергию мы ни передали отдельному кварку, он не сможет удалиться от своего соседа на какое-то экспериментально измеряемое расстояние.

Поэтому по-настоящему свободный кварк создать **невозможно**. Кварки существуют только в связанном состоянии, и явление, отвечающее за это вечное пленение кварков, называется **конфайнмент**.



В 1916 году А. Эйнштейн создал общую теорию относительности. В рамках этой теории постулируется, что **гравитационные эффекты обусловлены не силовым взаимодействием тел и полей, находящихся в пространстве-времени, а деформацией самого пространства-времени, которая связана, в частности, с присутствием массы-энергии.**

Таким образом, в ОТО гравитация не является силовым взаимодействием. В общей теории относительности используются уравнения Эйнштейна для связи кривизны пространства-времени с присутствующей в пространстве материей.

В 1922 г. А. А. Фридман на основе теории Эйнштейна получил модель однородной изотропной в общем случае **нестационарной Вселенной** с веществом .



**В 1903 г. К.Э. Циолковским в работе «Исследование мировых пространств реактивными приборами» заложены начала теории **космических полетов**. В ней сформулированы основные принципы баллистики ракет, предложена схема жидкостного реактивного двигателя, а также принцип конструирования ракет - идеи, которые несколько позднее были востребованы и творчески освоены последователями Циолковского. Создается наука, нацеленная на изучение и освоение космического пространства - космонавтика.**

**Ознаменовался этот период развития науки созданием **кибернетики** - науки об управлении, связи и переработке информации, теории систем. Интенсивное развитие промышленного производства, космических исследований стимулирует дальнейшее совершенствование технических наук.**

# Неклассическая химия

Развитие квантовой механики позволило установить природу валентности и химической связи.

**Валентность** - это способность атомов отдавать или присоединять определенное число электронов.

**Химическая связь** — явление взаимодействия атомов, обусловленное перекрыванием электронных облаков, связывающихся частиц, которое сопровождается уменьшением полной энергии системы.

Типы химической связи:

Металлическая связь

Ковалентная связь

Ионная связь

Водородная связь

## **Металлическая связь**

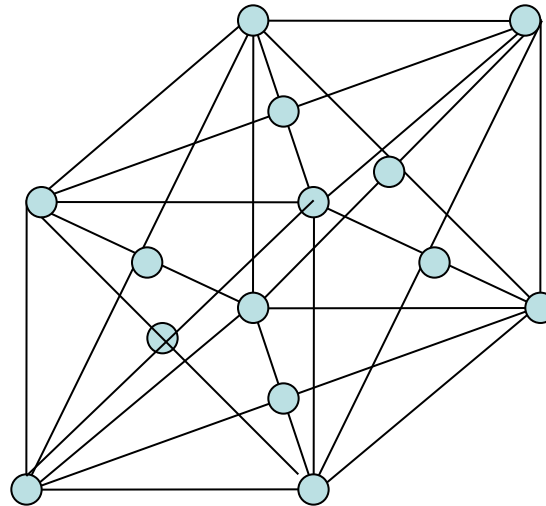
**В узлах кристаллической решетки расположены положительные ионы металла. Между ними беспорядочно, подобно молекулам газа, движутся валентные электроны, отщепившиеся от атомов при образовании ионов. Эти электроны играют роль цемента, удерживая вместе положительные ионы; в противном случае решетка распалась бы под действием сил отталкивания между ионами. Вместе с тем и электроны удерживаются ионами в пределах кристаллической решётки и не могут её покинуть. Силы связи не локализованы и не направлены.**

**Большинство металлов имеют кристаллические решетки, соответствующие наиболее плотной упаковке одинаковых атомов.**

**Свободно движущиеся электроны обуславливают высокую электро - и теплопроводность. Вещества, обладающие металлической связью, часто сочетают прочность с пластичностью, так как при смещении атомов друг относительно друга не происходит разрыв связей.**

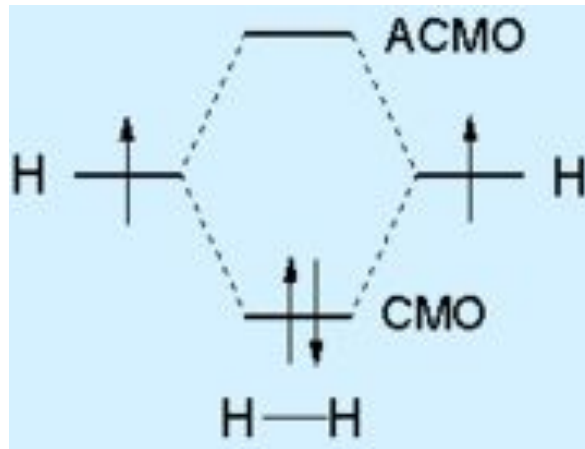
# Гранецентрированная кубическая решетка

(пример металлической связи)

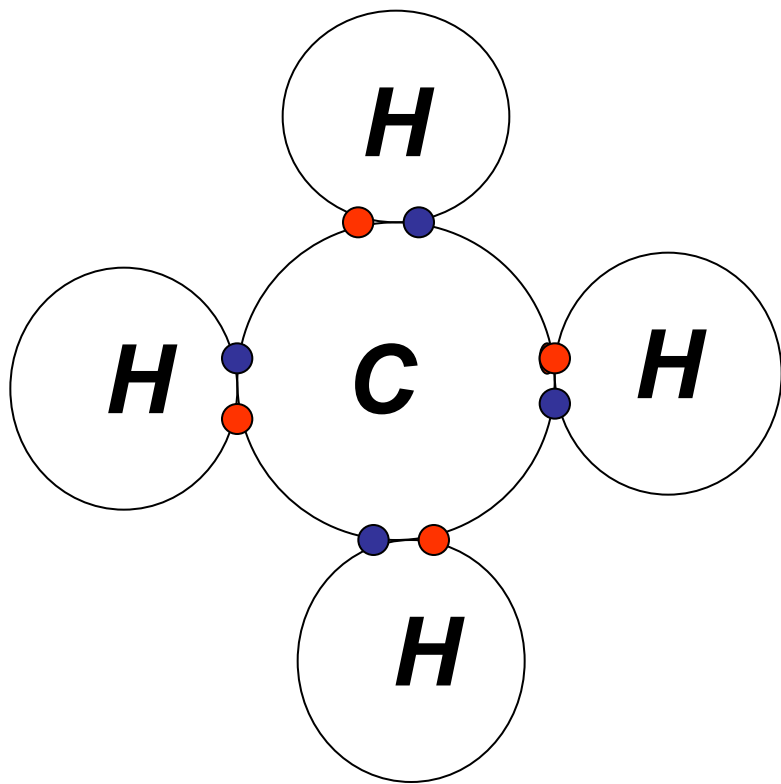


# Ковалентная связь

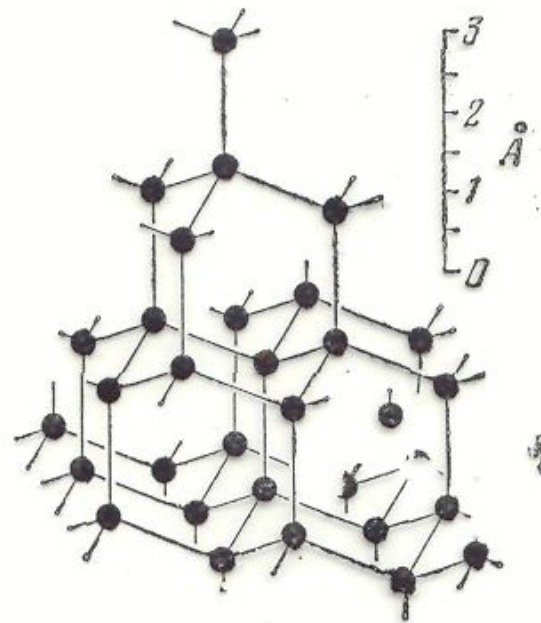
Ковалентной связью называется химическая связь, образующаяся за счёт обобществления атомами своих валентных электронов. Обязательным условием образования ковалентной связи является перекрывание атомных орбиталей (АО), на которых расположены валентные электроны. В простейшем случае перекрывание двух АО приводит к образованию двух молекулярных орбиталей (МО): связывающей МО и антисвязывающей (разрыхляющей) МО. Обобществленные электроны располагаются на более низкой по энергии связывающей МО:



# Ковалентная связь



- Электрон водорода
- Электрон углерода



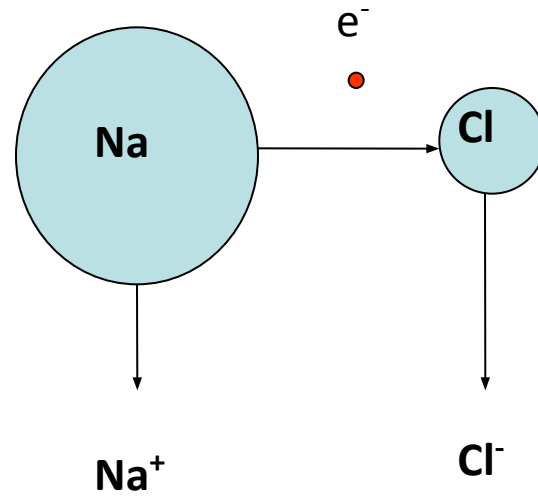
Решетка алмаза.

В узлах – атомы  
углерода

## **Ионная связь**

**Когда внешние электронные слои полностью заполнены, общая энергия атомов понижается. Например, атом натрия, имеющий на внешнем слое один электрон, охотно отдает этот электрон. И наоборот, атом хлора, которому не хватает одного электрона для заполнения внешнего слоя, стремится присоединить электрон для завершения уровня. Когда атомы натрия и хлора оказываются рядом, натрий отдает электрон, а хлор его принимает. При этом атом натрия, потеряв отрицательный заряд, становится положительно заряженным ионом натрия, а атом хлора, получив дополнительный электрон, становится отрицательно заряженным ионом хлора. По закону Кулона между двумя ионами возникает электростатическое притяжение, приводящее к образованию химической связи, которая и удерживает атомы вместе.**

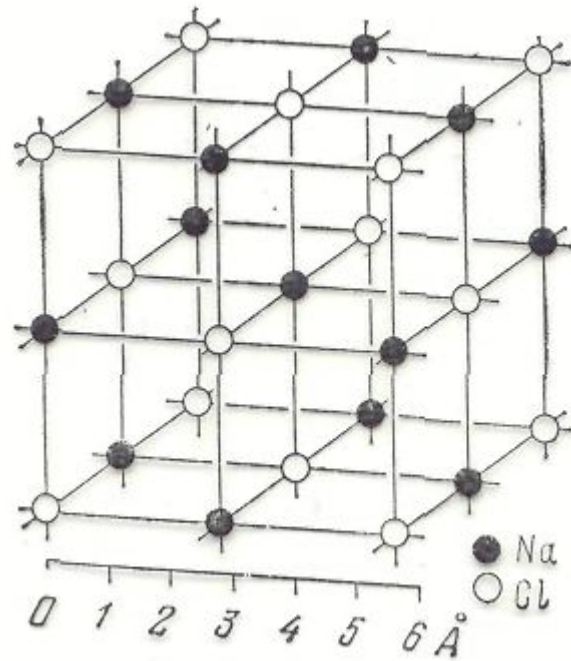
**С этой реакцией связано одно из чудес химии: бурно реагирующее вещество натрий и сильно ядовитый газ хлор, соединяясь, образуют обычную поваренную соль, широко применяемую в питании.**





# Строение кристаллов NaCl

## Решетка кубическая

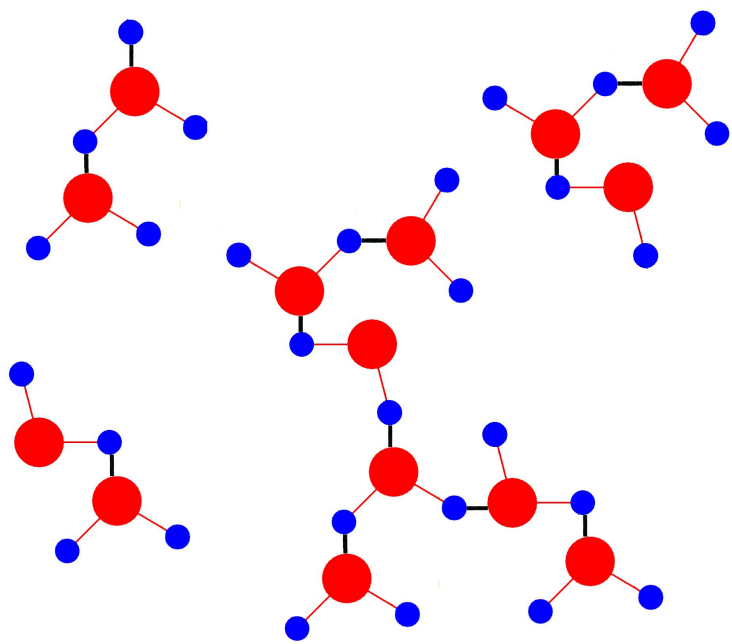


## Водородная связь

Водородная связь – это притяжение между отдельными молекулами. Многие молекулы, хотя и являются в целом нейтральными, оказываются *поляризованными*. Это значит, что некоторые части таких молекул имеют суммарный отрицательный заряд, в то время как другие части — положительный, то есть положительный и отрицательный заряды распределены неравномерно.

Представим, что *полярная молекула* приближается своей отрицательной областью к молекуле-мишени.

Электростатическая сила со стороны этой отрицательной области больше, чем со стороны положительной, т. к. положительная область расположена дальше. Эта электростатическая сила вызывает в молекуле-мишени передвижение электронов прочь от точки контакта, тем самым создавая в этом месте молекулы-мишени незначительный положительный заряд. В результате между двумя молекулами возникает сила притяжения и, следовательно, образуется связь.



**Самая известная полярная молекула — это молекула воды  $\text{H}_2\text{O}$ . Отрицательный заряд собирается вокруг атома кислорода, приводя к образованию слабого положительного заряда около атомов водорода. Водородная связь между молекулами воды обозначена чёрными линиями. Красные линии**

**обозначают ковалентную связь, которая удерживает вместе атомы кислорода (красный) и водорода (синий). Благодаря такой поляризации вода является хорошим растворителем. Ее молекулы способны создавать связи более прочные, чем те, которые удерживают молекулы-мишени вместе. Связи, создаваемые посредством положительно заряженных атомов водорода, называются водородными связями. В частности, именно водородные связи удерживают вместе две спирали молекулы ДНК.**

## **Вопросы для подготовки к зачету**

- .Как возникла концепция квантов?**
- .Как объясняются опыты А.Г. Столетова по фотоэффекту с точки зрения теории квантов? Кто ввел понятие фотона?**
- .В чем заключается принцип неопределенности и кто его автор?**
- .Кто автор принципа дополнительности и кто его автор?**
- .В чем особенность квантовой системы?**
- . Применимы ли законы Ньютона к квантовой системе?**
- .Чем отличается модель атома Томсона от модели Резерфорда?**
- .Что такое квантово-волновой дуализм?**
- .Каковы современные представления о строении ядра атома?**
- .Что такое цепная ядерная реакция?**
- .Что такое элементарные частицы?**
- .Сколько существует фундаментальных взаимодействий?**
- .Что такое стандартная модель элементарных частиц?**
- .Какие существуют типы химической связи?**

## **Вопросы для подготовки к зачету (продолжение)**

- 5. Как устроена металлическая связь и в каких веществах она реализуется?**
- 6. Как устроена ковалентная связь и в каких веществах она реализуется?**
- 7. Как устроена ионная связь и в каких веществах она реализуется?**
- 8. Как устроена водородная связь и в каких веществах она реализуется?**