

# СТРОЕНИЕ АТОМА

# АТОМ

А́том (от др.-греч. *ἄτομος* - неделимый) -  
частица вещества, наименьшая  
часть химического элемента, являющаяся  
носителем его свойств.

---

## Атомистические теории



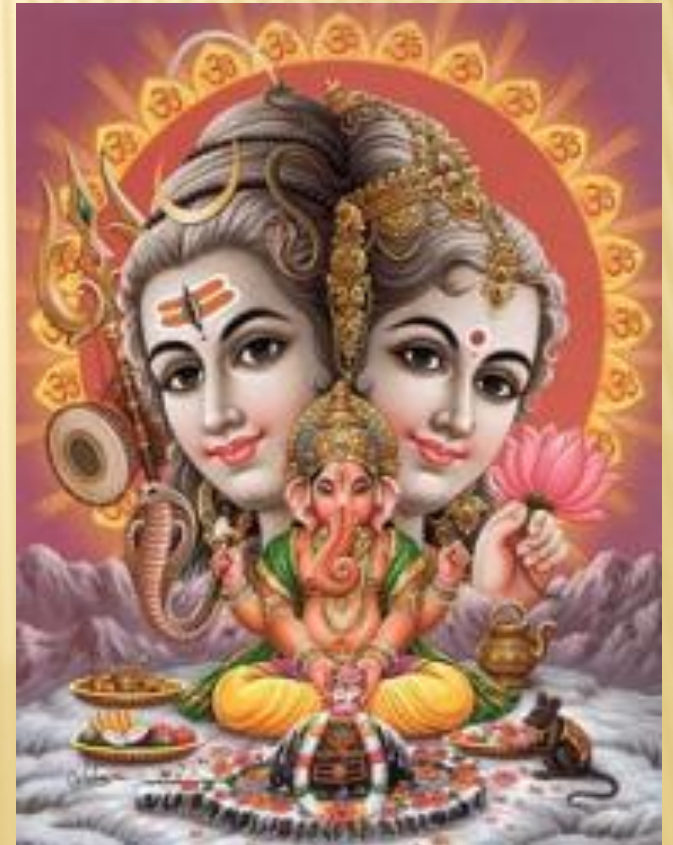
# ИНДИЙСКИЙ АТОМИЗМ

---

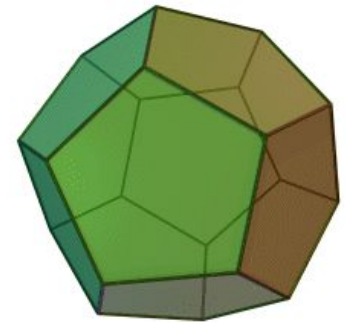
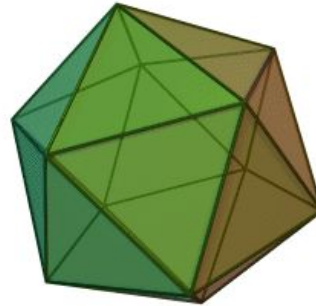
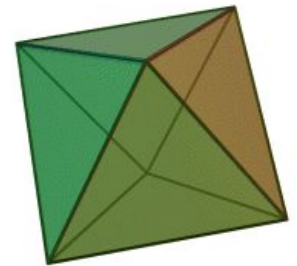
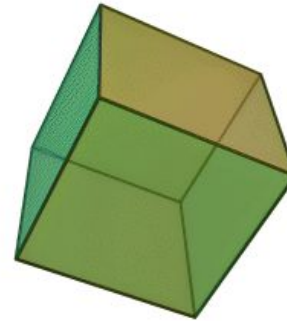
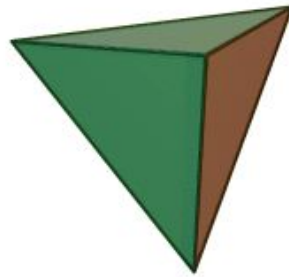
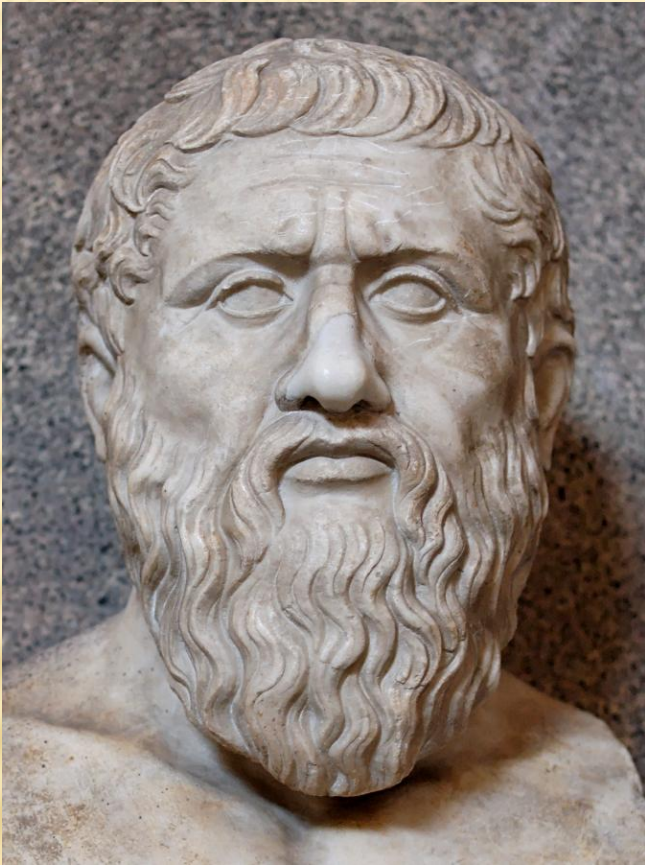
Параману - элементарная частичка мироздания, предельно малая частичка, сферической формы, субстрат постоянных качеств.

Неизменные, невоспринимаемые, неделимые атомы образуют временные и воспринимаемые объекты.

Основу неделимых частичек и их связь между собой осуществляет сила нематериального характера.



# Платон (V в. до н.э.)



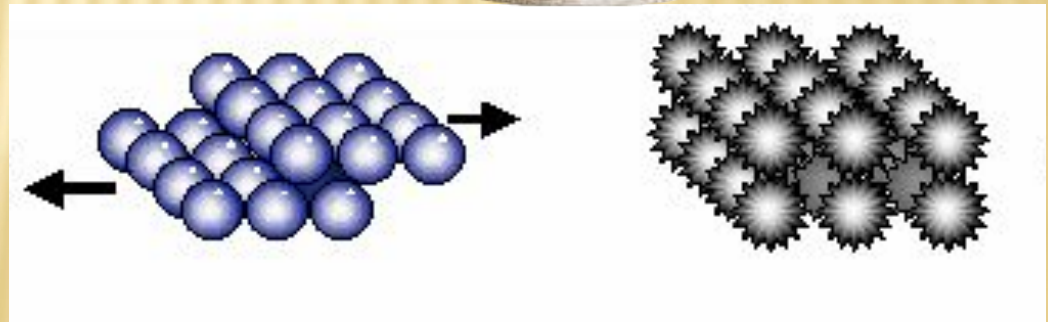
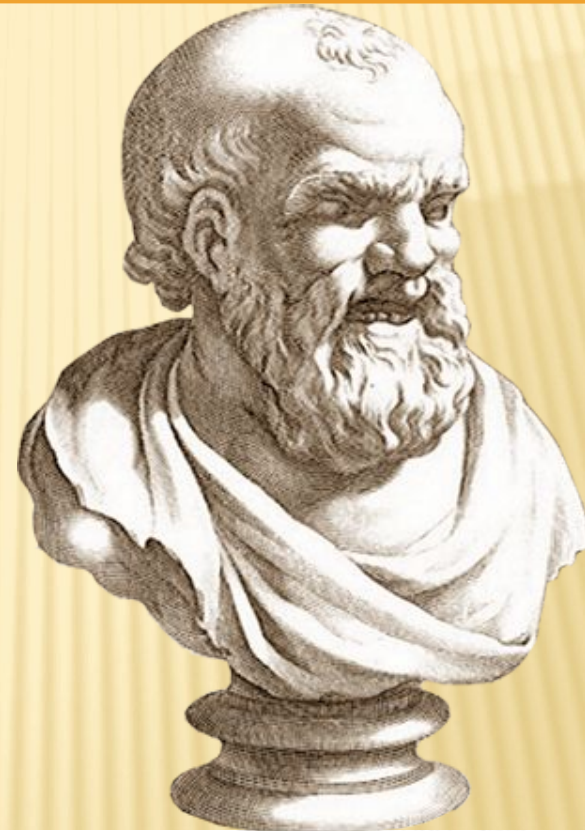
Треугольники - дискретные порции  
континуума. Многогранники –  
«молекулы»



▣ *Демокрит* (IV в. до н.э.)

Весь мир состоит из  
**атомов и пустоты.**

**Атомы** едины,  
неделимы, неизменны,  
неуничтожимы,  
непроницаемы.

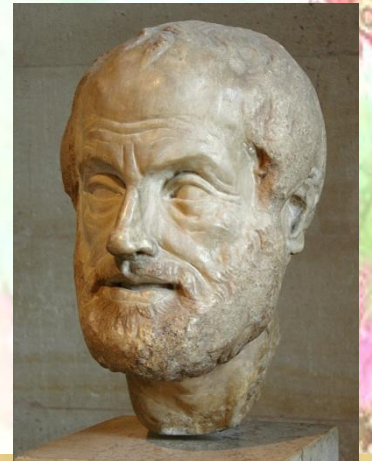


# КОНТИНУАЛИЗМ

## *БЕСКОНЕЧНАЯ ВЛОЖЕННОСТЬ МАТЕРИИ*

Древняя Китайская философия

*Аристотель (IV в. до н.э.)*





# НАУЧНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ XVII В.

---

*Пьер Гассендис (1592-1655г):*

неделимые, исчезающие  
атомы.

Взаимодействие тел за счет  
потоков атомов.



*Исаак Ньютон (1643 -1727г):*

иерархия корпускул,  
образованная интенсивными  
силами взаимного притяжения  
частей.

«Неразложимость частиц»

следствие ограниченных  
возможностей

экспериментальной техники.

# ПРИРОДА СВЕТА



Christaan Huygens  
(1629-1695)

**Волновая** - свет есть  
волна в невидимом эфире



Robert Hooke  
(1635-1703)

**Корпускулярная** - свет состоит  
из мелких частиц (корпускул),  
излучаемых светящимся телом.





# *Михаило Ломоносов*

*(1711-1765)*



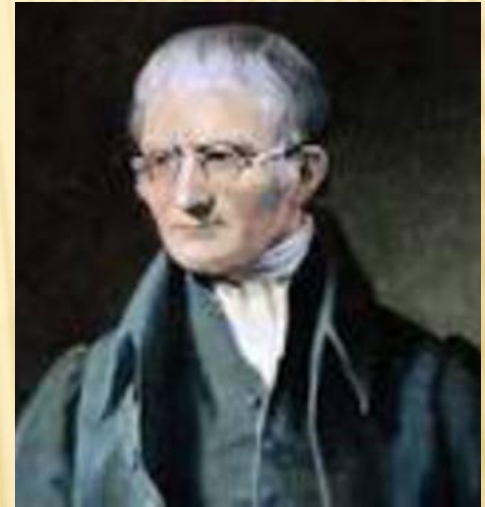
Элемент (атом) - шарообразная  
вращающаяся частица

«Элемент есть часть тела, не состоящая из каких-либо других меньших и отличающихся от него тел... Корпускула есть собрание элементов, образующее одну малую массу».

«Однородные» корпускулы состоят из «одинакового числа одних и тех же элементов, соединённых одинаковым образом», и «разнородные» из разных.

# АТОМИСТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ДАЛЬТОНА

- ✓ Все вещества состоят из большого числа атомов (простых или сложных).
- ✓ Атомы одного вещества полностью тождественны. Простые атомы абсолютно неизменны и неделимы.
- ✓ Атомы различных элементов способны соединяться между собой в определённых соотношениях.
- ✓ Важнейшим свойством атомов является *атомный вес*.



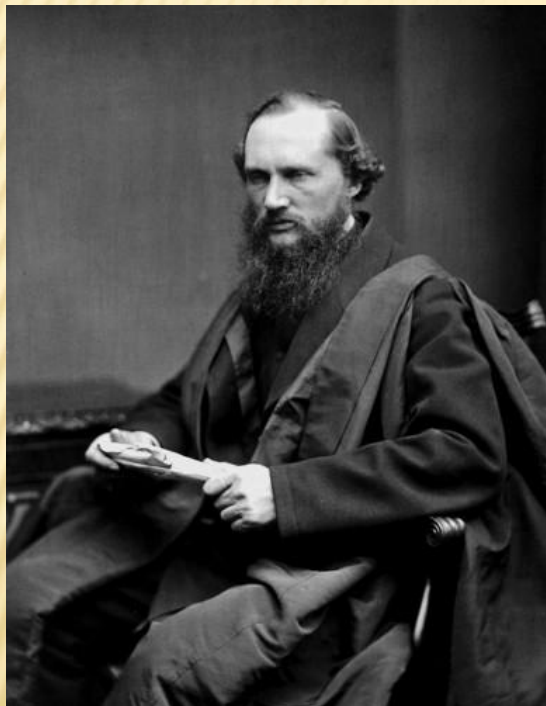
Дальтон (Dalton), Джон (1766-1844)

ELEMENTS			
	<u>Wt.</u>		<u>Wt.</u>
⊙ Hydrogen	1	⊙ Copper	56
⊕ Azote	5	⊕ Lead	90
● Carbon	6	⊙ Silver	190
○ Oxygen	7	⊙ Gold	190
⊕ Phosphorus	9	⊕ Platina	190
⊕ Sulfur	13	⊙ Mercury	167

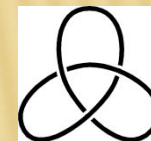
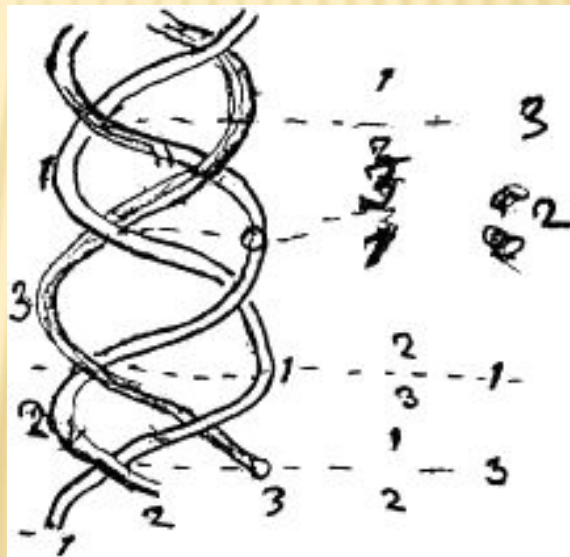


# Уильям Томсон, барон Кельвин

(1824 -1907)



Атомы - узлы в эфире. Узлы сами формируются из вихрей эфира. Тип узла обуславливает физико-химические свойства атомов.



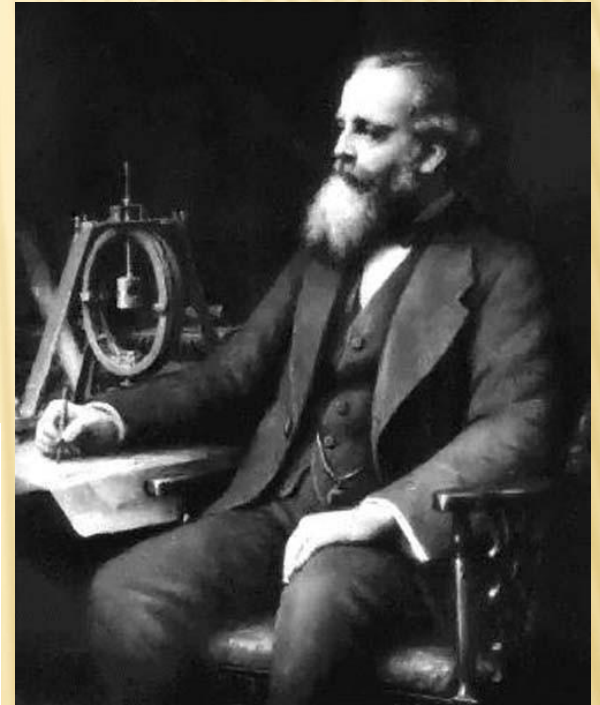
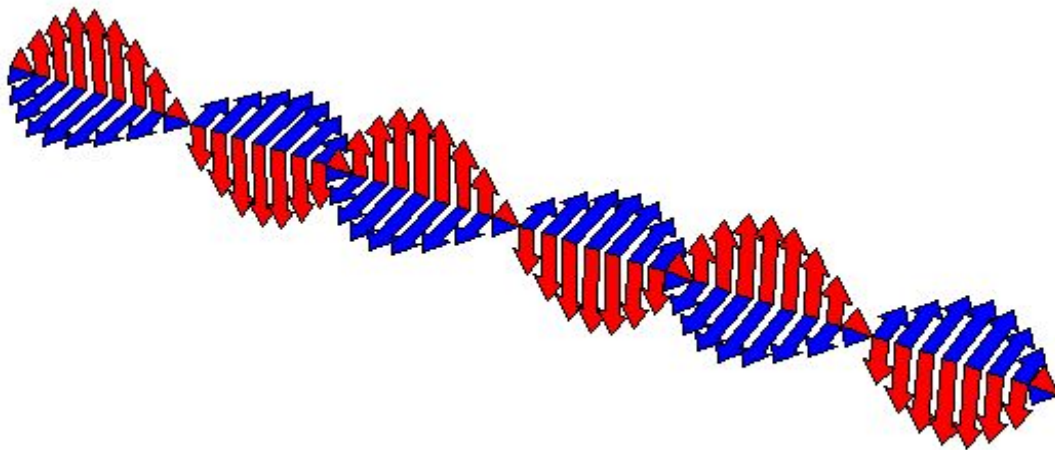
Три переплетенных Вихря эфира

# ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ПРИРОДА СВЕТА

*Джеймс Клерк Максвелл*

*(1831 - 1879)*

В 1864г. создал теорию  
электромагнитного поля, предположил  
существование э/м волн.



Свет –  
электромагнитная  
волна,  
колебания  
невидимого эфира



# ОТКРЫТИЕ РАДИОАКТИВНОСТИ

- В 1896 г. *А. Беккерель*, изучая явление люминесценции солей урана, обнаружил явление радиоактивности.
- 1897-98 г. *Мария Склодовская-Кюри* обнаружила аналогичное излучение у тория и открыла новые радиоактивные элементы: полоний, радий.
- 1899г. - *Э. Резерфорд* в результате проведенных опытов открыл неоднородность радиоактивного излучения,  $\alpha, \beta, \gamma$ -лучи

*Макс Планк (1858 -1947)*

## **Квантовая гипотеза:**

при тепловом излучении энергия испускается и поглощается не непрерывно, а порциями. Каждая порция-квант имеет энергию, пропорциональную частоте  $\nu$  излучения:

$$\Delta E = h\nu$$

$$h = 6,626\ 070\ 040(81) \times 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$$

$$\hbar \equiv \frac{h}{2\pi}$$

$$\hbar = 1,054\ 571\ 800(13) \times 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$$







*Альберт Эйнштейн (1879-1955):*

*1905 г. Специальная теория относительности.*

*Закон взаимосвязи массы и энергии: .*

$$E=mc^2$$

$$c = 299\,792\,458 \text{ м/с}$$

*Квантовая теория фотоэффекта.*

*Любое монохроматическое излучение состоит из совокупности квантов, энергия кванта пропорциональна частоте, а коэффициент пропорциональности - постоянная Планка.*

*1907—1916г. Общая теория относительности.*

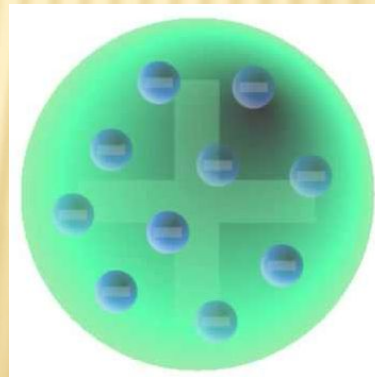
*Джозеф Джон Томсон*  
*(1856 - 1940)*

*1897г.* - открыл электрон.

*1904г.* - выдвинул гипотезу о том, что электрон находится внутри атома.

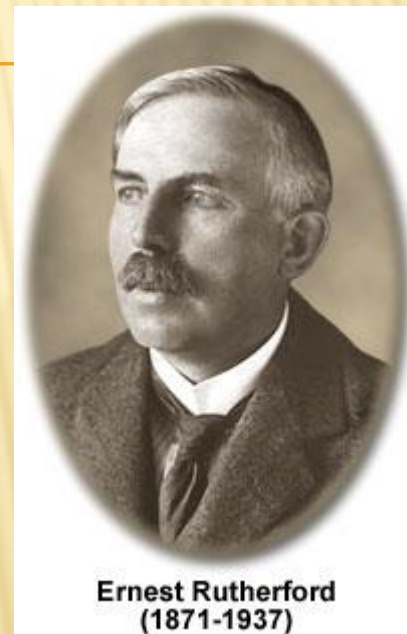
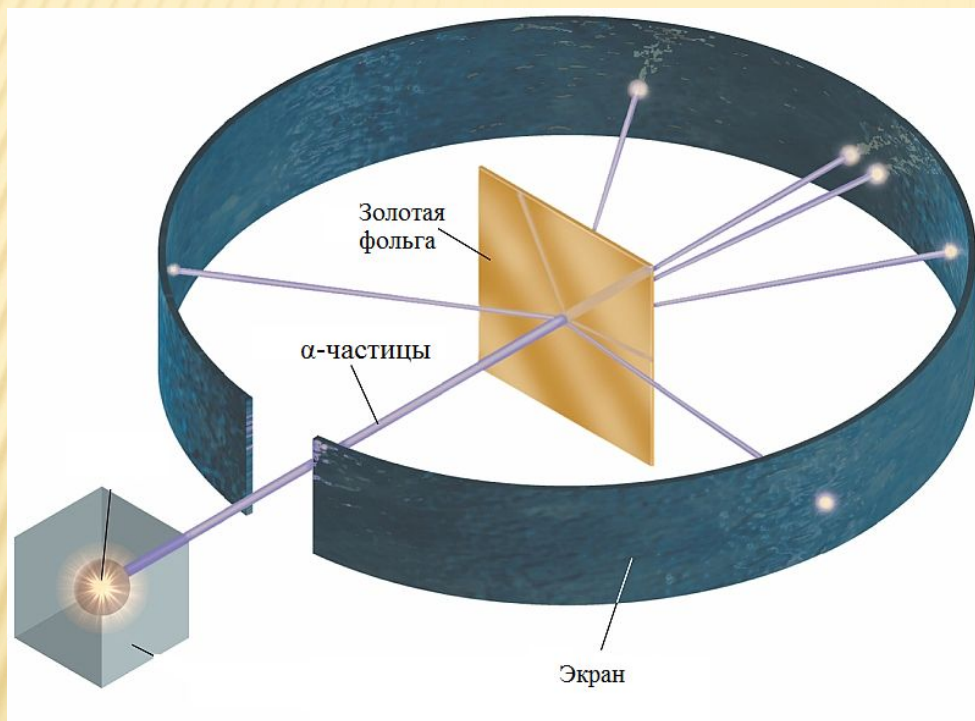


## **Модель атома Томсона**

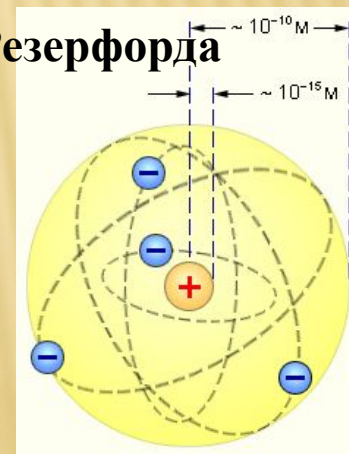
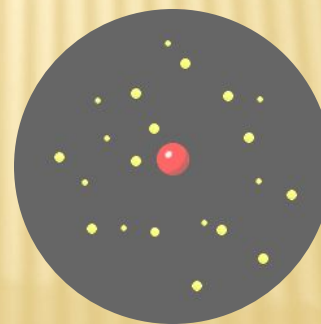




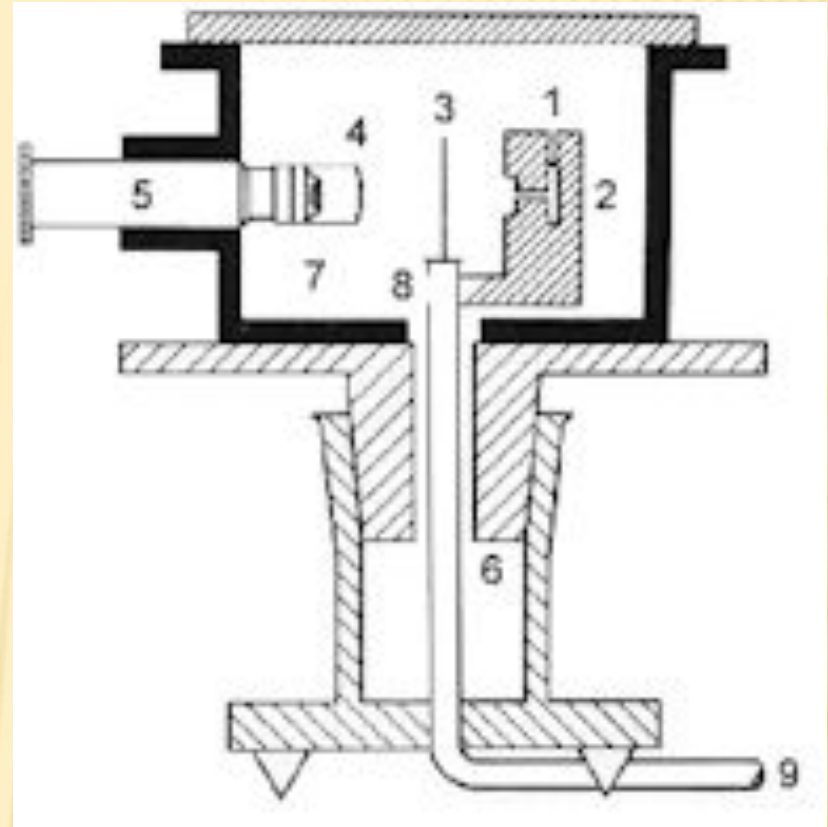
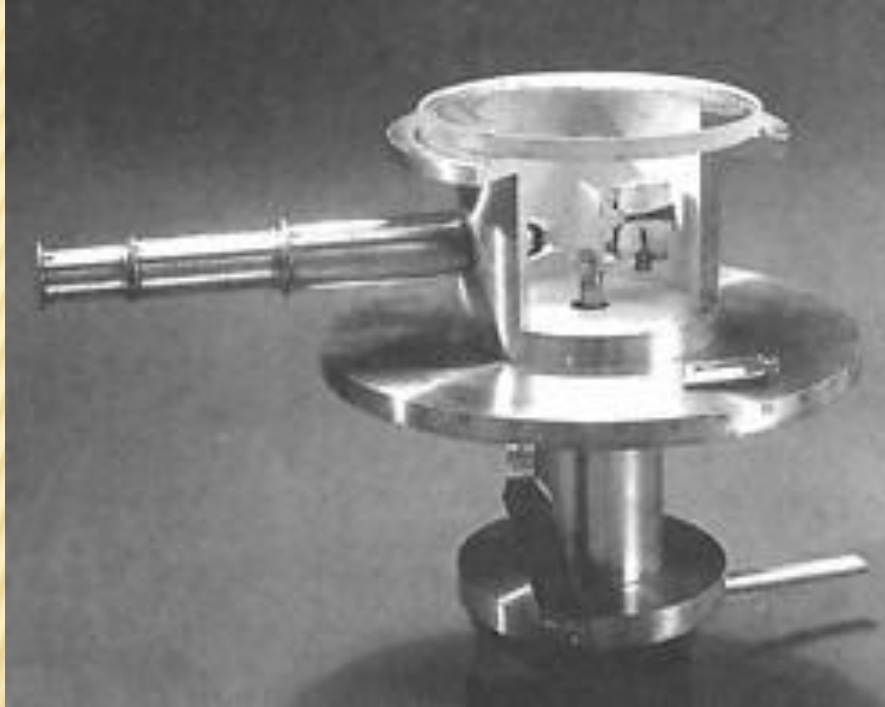
# ОПЫТЫ РЕЗЕРФОРДА



## Модель атома Резерфорда



1911 г.



1 – источник  $\alpha$ -частиц (свинцовая камера с радием), 3 – золотая фольга, 5 – микроскоп для наблюдения, 7 – экран ZnS

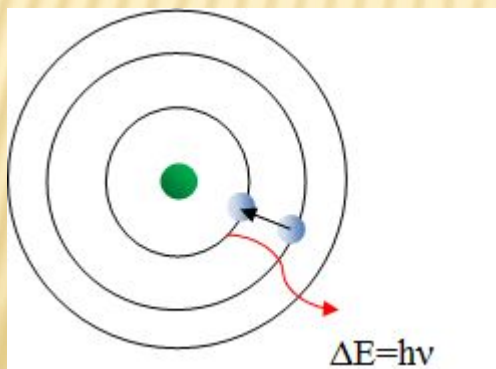


**Нильс Бор (1885-1962)**

1913 г. создал квантовую теорию водородоподобного атома. H, He<sup>+</sup>



## Планетарная модель атома



# Квантово-волновой дуализм

*Луи де Бройль (1892-1987)*

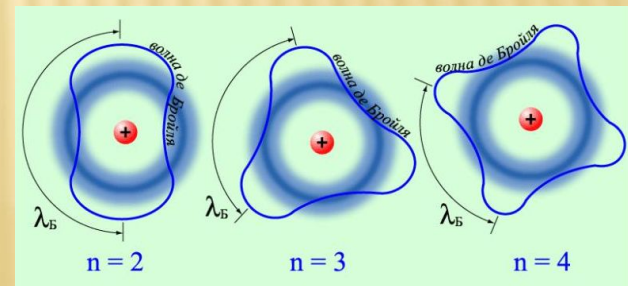
1924 г. гипотеза о волновых свойствах частиц

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

Частицы микромира могут быть описаны как с использованием математического аппарата, основанного на волновых уравнениях, так и с помощью формализма, основанного на представлении об объекте как о частице или как о системе частиц.



**Модель атома**

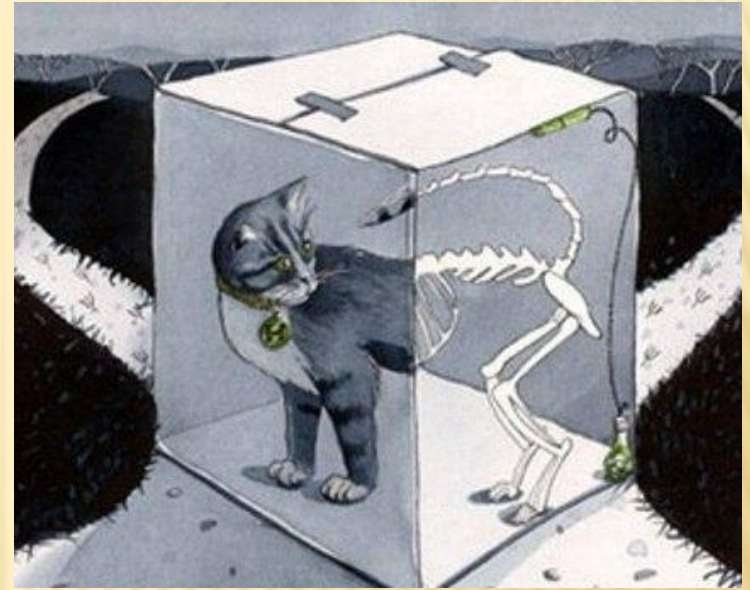






*Эрвин  
Шрёдингер  
(1887-1961)*

*Аналог классического  
волнового уравнения  
был предложен в 1926 г.*



## Стационарное уравнение Шредингера *t=const*

$$\hat{H} \cdot \Psi(x, y, z) = E \cdot \Psi(x, y, z)$$

$$\nabla^2 \Psi(x, y, z) + \frac{8\pi^2 m}{h^2} \cdot (E - V) \cdot \Psi(x, y, z) = 0$$

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2 \cdot m} \nabla^2 + V(x, y, z)$$

$$\nabla^2 \Psi = \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2}$$

# ПРИНЦИП НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ (1927)

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$$

$\Delta x$  среднее квадратичное отклонение координаты

$\Delta p$  и среднее квадратичное отклонение импульса

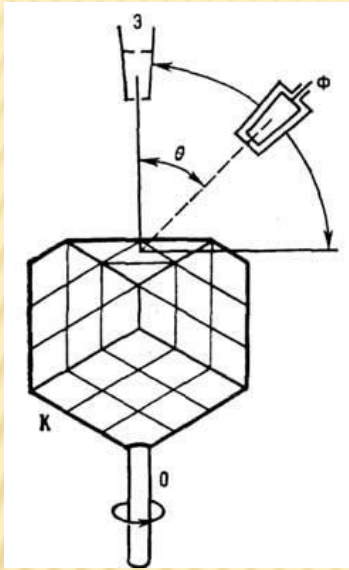
Определение координат электрона  
заменяется определением вероятности  
нахождения электрона в какой-то области  
пространства



*Вернер Карл  
Гейзенберг  
(1901-1976)*



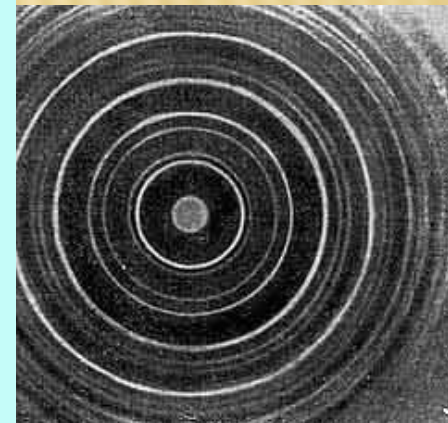
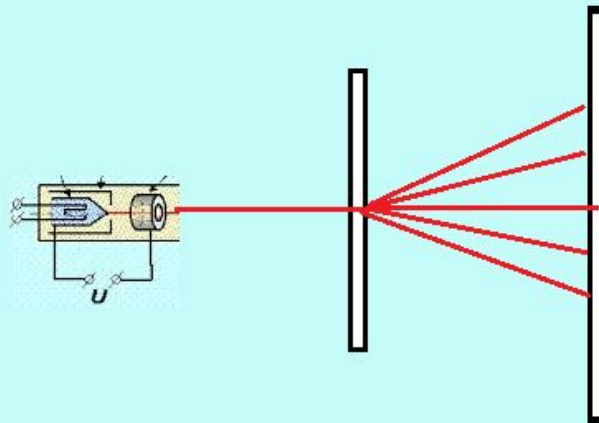
# ДИФРАКЦИЯ ЭЛЕКТРОНОВ НА КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКЕ



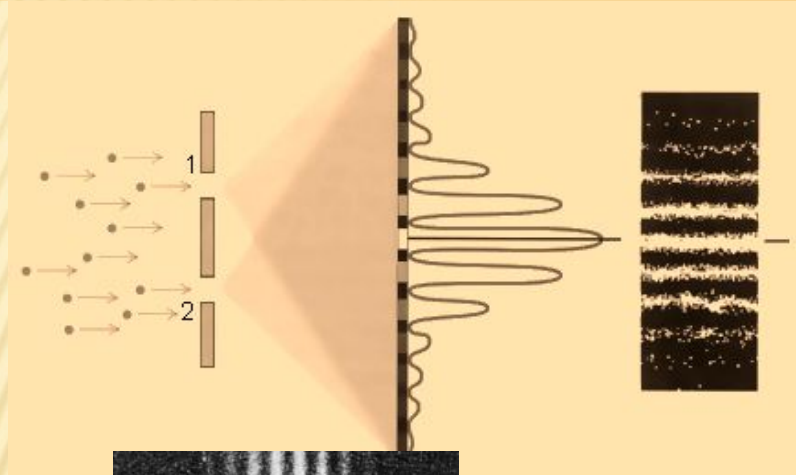
*Дэвиссон Клинтон*  
*и Джермер Лестер* открыли  
дифракцию электронов на  
кристаллах (1927г.)



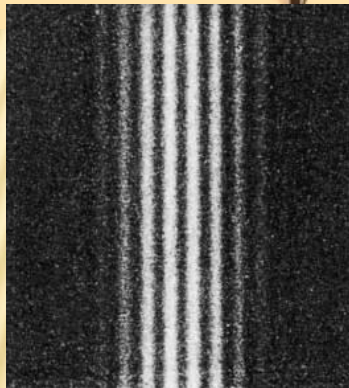
*Джордж Пэйджст Томсон* (1892-1975),  
дифракция электронов на поликристаллах  
в 1928 г.



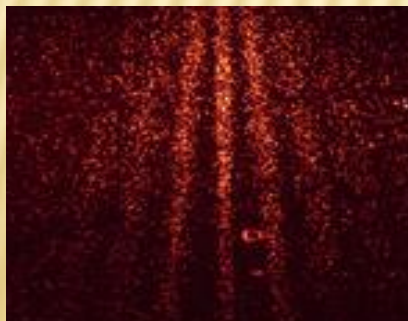
# ДИФРАКЦИЯ ЧАСТИЦ НА ДВУХ ЩЕЛЯХ



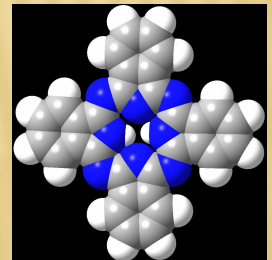
*Йонссон, Клаус (1961г.)*  
провел наглядные опыты  
по дифракции электронов



Дифракция фталоцианина и его производного  
 $M=512$  и  $1298$  а.е.



Ref.: Thomas Juffmann, et al., Real-time  
single-molecule imaging of quantum  
interference, *Nature Nanotechnology*,  
2012;





# ВОЛНОВАЯ ФУНКЦИЯ И ЕЁ ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ

$\psi$  – волновая функция, описывающая поведение электрона

*Макс Борн* предложил вероятностную интерпретацию волновой функции.

**Квадрат модуля волновой функции** в любой точке пространства пропорционален вероятности обнаружения частицы этой.

$dP$  вероятность обнаружить частицу в объёме  $dV$  можно записать в следующем виде

$$dP = |\psi|^2 dV$$



*Макс Борн (1882-1970)*

Обычно выбирают  $\psi$  - функцию так, чтобы  $A = 1$ ,

$$\int |\psi|^2 dV = 1$$

# РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ШРЕДИНГЕРА: НАХОЖДЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ФУНКЦИЙ И СОБСТВЕННЫХ ЭНЕРГИЙ

$\Psi$ -функция:

- ✓ однозначна,
- ✓ непрерывна,
- ✓ конечна,
- ✓ должна иметь непрерывную и конечную производную.

Уравнение имеет «хорошие» решения лишь при некоторых «хороших» значениях - **собственных значениях энергии  $E$** . Решения, соответствующие собственным значениям  $E$ , называются **собственными функциями**.



# РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ШРЕДИНГЕРА

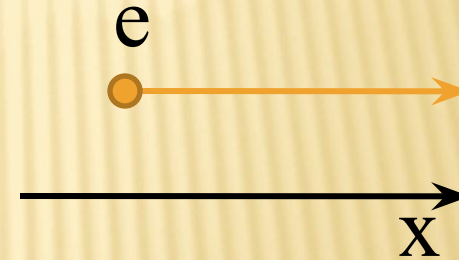
## ДЛЯ СВОБОДНОГО ЭЛЕКТРОНА

$$V = 0; E = E_K$$

$$\hat{H} \cdot \Psi(x) = E_K \cdot \Psi(x)$$

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2 \cdot m} \nabla^2$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \cdot \frac{d^2 \psi(x)}{dx^2} = E \psi(x)$$



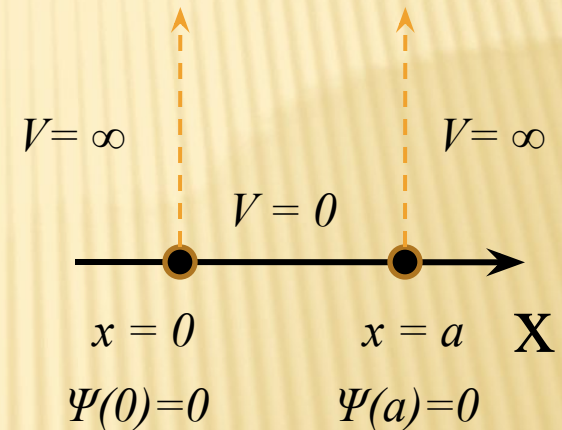
$$\psi(x) = A e^{i \frac{p_x}{\hbar} x}$$

$$E = \frac{p_x^2}{2m}$$

Энергия имеет непрерывный спектр

# РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ШРЕДИНГЕРА ЭЛЕКТРОНА В ОДНОМЕРНОМ ПОТЕНЦИАЛЬНОМ ЯЩИКЕ

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \cdot \frac{d^2\psi(x)}{dx^2} = E\psi(x)$$



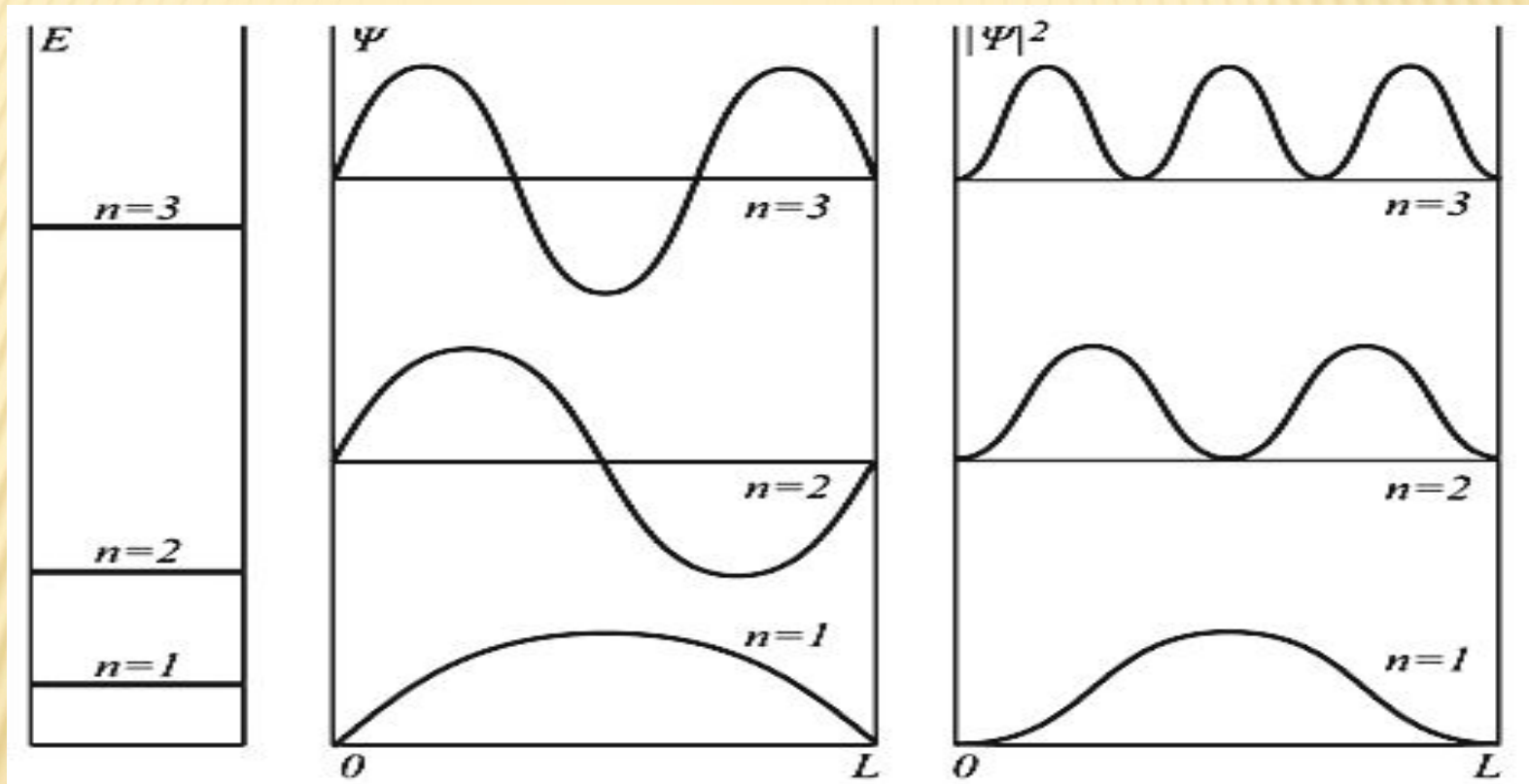
$$\Psi(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \cdot \sin \frac{\pi \cdot n}{a} x \quad n = 1, 2, 3, 4 \dots - \text{квантовое число}$$

$$E = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ma^2} \cdot n^2$$

**Энергия имеет дискретный спектр**

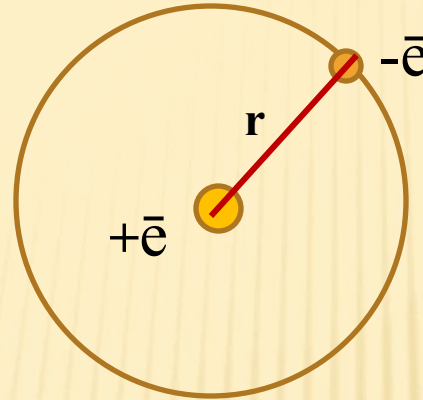
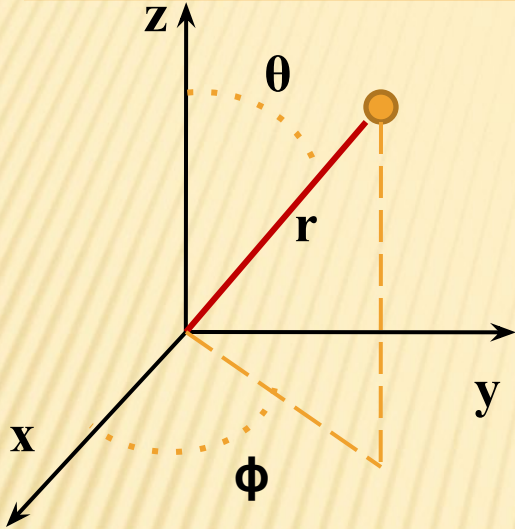


# ГРАФИКИ ВОЛНОВЫХ ФУНКЦИЙ ПЕРВЫХ ТРЕХ КВАНТОВЫХ СОСТОЯНИЙ И ГРАФИКИ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ.



Плотность вероятности нахождения электрона на различных расстояниях от стенок ямы  $\frac{dP(x)}{dx} = \psi^2(x)$  определяется его энергией

# ЭЛЕКТРОН В АТОМЕ ВОДОРОДА



$$V = -\frac{k \cdot e^2}{r}$$

$$k = 1, \text{ (СГСЭ)}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}, \text{ (СИ)}$$

$\epsilon_0 \approx 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м - электрическая постоянная

$$-\frac{\hbar^2}{2m_e} \nabla^2 \psi - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r} \psi = E\psi$$

**$E > 0$**

несвязанные состояния электрона,

**$E < 0$**

электрон связан с атомом



$$E_n = -\left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\right)^2 \frac{m_e e^4}{2\hbar^2} \cdot \frac{1}{n^2},$$

$n = 1, 2, 3, \dots$



$$E_n = - \left( \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \frac{m_e e^4}{2\hbar^2} \cdot \frac{1}{n^2}$$

$$n = 1, 2, 3, 4, \dots$$

**Собственные значения энергии электрона в атоме водорода, определяющий набор волновых функций**

Решения уравнения Шредингера – набор волновых функций, отличающихся друг от друга величиной целочисленных параметров:  $n, l, m_l$

**$n, l, m_l$  – квантовые числа:**

*главное –  $n$ , возможны значения = 1, 2, 3, 4...∞*

*орбитальное –  $l$ , возможны значения = 0, 1, 2, 3 ... (n - 1)*  
*s, p, d, f*

*магнитное –  $m_l$ , возможны значения = -l, (-l+1), ..., 0, ..., (l-1), l*

**спин –  $m_s = \pm 1/2$**

# ОСНОВНОЕ СОСТОЯНИЕ АТОМА ВОДОРОДА

$$n=1, l=0(s), m=0$$

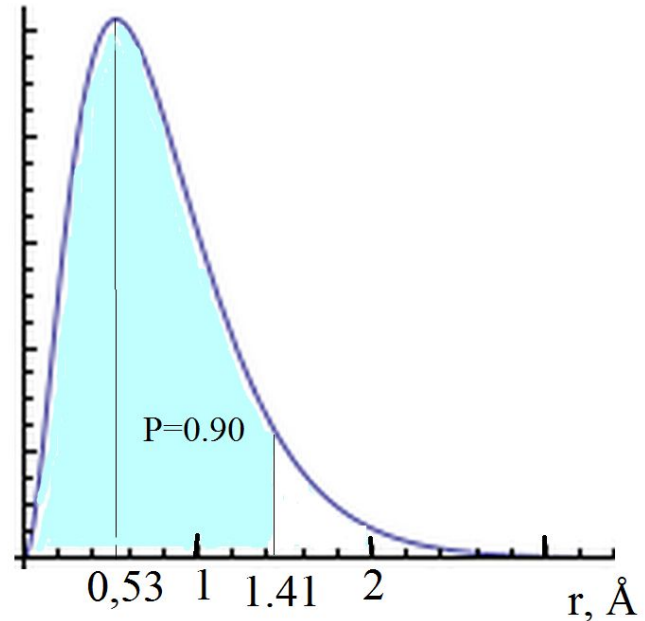
$$\psi_{100}(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi r_0^3}} e^{-r/r_0}$$

$$r_0 = 4\pi\epsilon_0\hbar^2 / m_e e^2 = 0,529 \text{ \AA}$$

$$E_n = -\left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\right)^2 \frac{m_e e^4}{2\hbar^2}$$

Электронная орбиталь - область пространства в которой вероятность нахождения электрона  $P=0.9$

$$\Psi^2 \cdot 4\pi r^2 = dP/dr$$





# ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ КВАНТОВЫХ ЧИСЕЛ

---

## Главное квантовое число

- ✓ Энергия электрона зависит только от главного квантового числа -  $n = 1, 2, 3, 4, \dots$  (совпадает с номером энергетического уровня)
- ✓ Каждому собственному значению энергии соответствует одна или несколько собственных функций различающихся значениями квантовых чисел  $l, m_l$
- ✓ Состояния с одинаковой энергией называются вырожденными, а число состояний с одинаковым значением энергии называется кратностью вырождения энергетического уровня.

## Орбитальное квантовое число

Значение орбитального момента количества движения электрона определяет орбитальное квантовое число  $l$

$$L = \hbar \sqrt{l(l+1)} ,$$

$$l = 0, 1, 2, 3 \dots (n - 1)$$

$l$  характеризует энергетический подуровень, значения  $l = 0, 1, 2, 3$  соответствуют подуровням  $s, p, d, f$ .

1s,			
2s,	2p,		
3s,	3p,	3d,	
4s,	4p,	4d,	4f

**Орбитальное квантовое число определяет форму  
электронной орбитали**



## Магнитное квантовое число

---

Магнитное квантовое число  $m_l$  определяет проекцию момента импульса на выбранное направление в пространстве, (ось z).

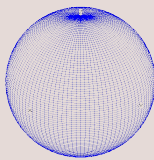
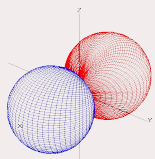
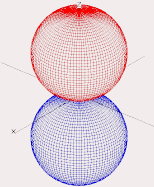
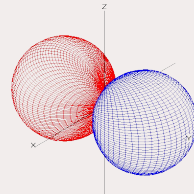
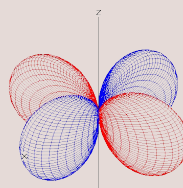
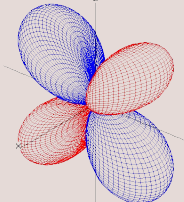
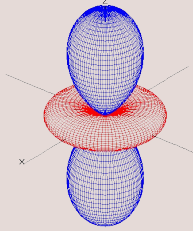
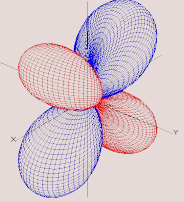
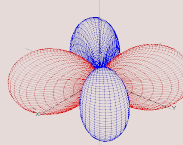
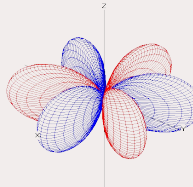
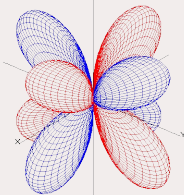
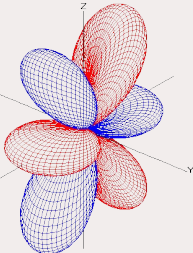
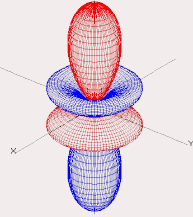
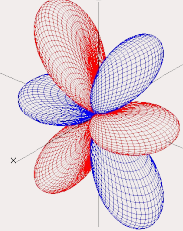
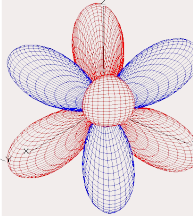
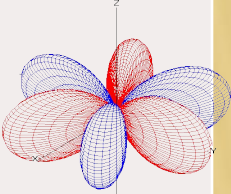
$$L_z = m_l \hbar$$

При заданном  $l$

$$m_l = -l, (-l+1), \dots, 0, \dots, (l-1), l$$

Число возможных значений  $m_l$  равно количеству возможных ориентаций электронных орбиталей в пространстве

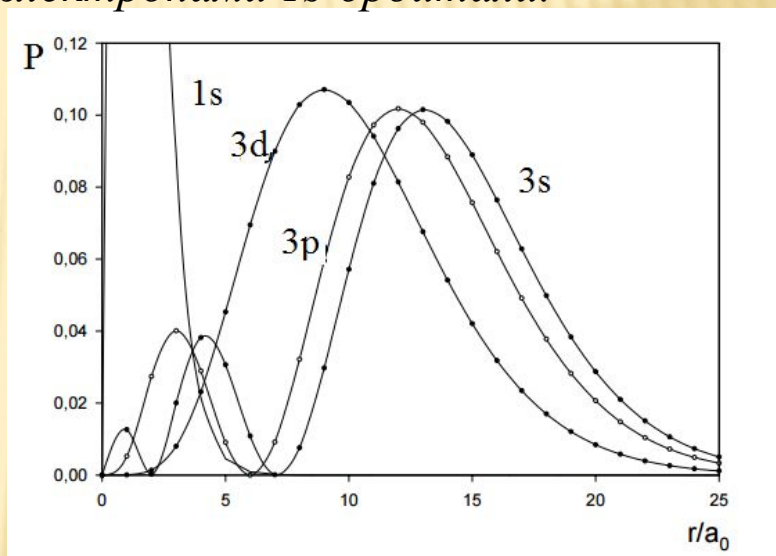
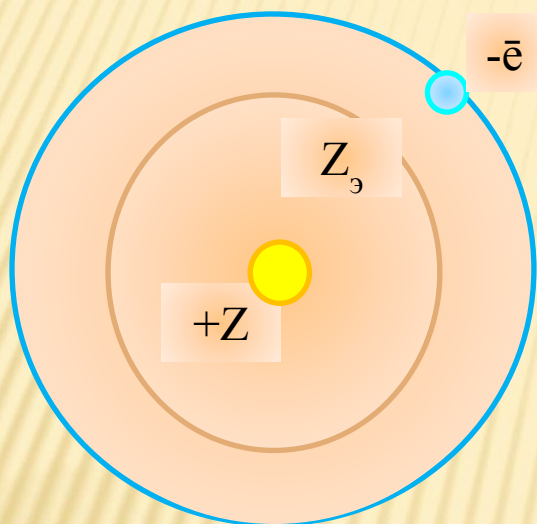
# Формы электронных орбиталей

	$m=-3$	$m=-2$	$m=-1$	$m=0$	$m=+1$	$m=+2$	$m=+3$
$l=0$							
$l=1$							
$l=2$							
$l=3$							



# МНОГОЭЛЕКТРОННЫЕ АТОМЫ. ОДНОЭЛЕКТРОННОЕ ПРИБЛИЖЕНИЕ.

*Экранирование электронов, находящихся на 3s, 3p и 3d орбиталях, электронами 1s-орбитали.*



$$Z_3 = Z - \sigma_{n,l}$$

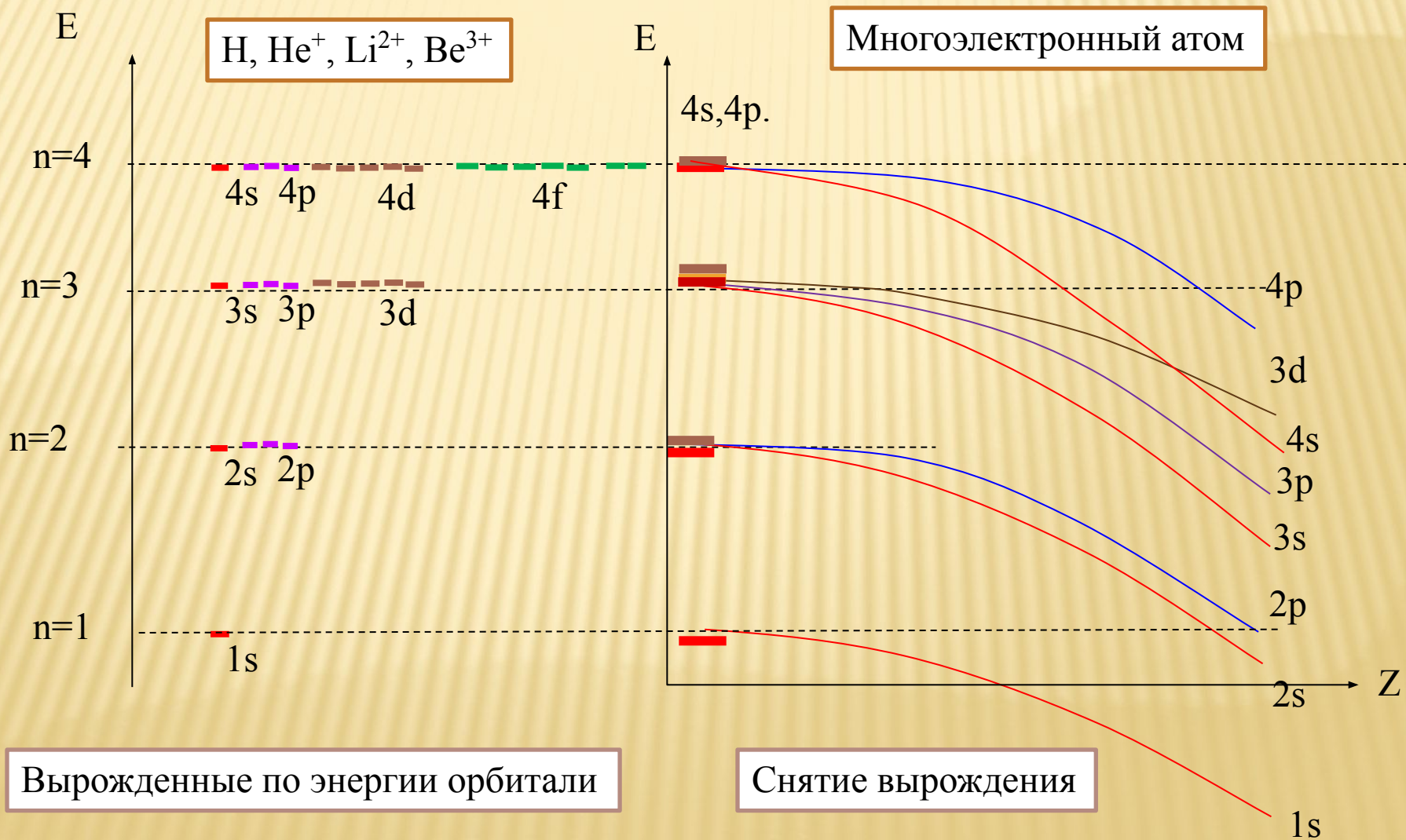
$Z_3$  - эффективный заряд ядра

$\sigma_{n,l}$  - константы экранирования

В ряду 3s – 3p – 3d

- ✓ увеличивается эффективность экранирования;
- ✓ уменьшается энергия взаимодействия электрона с ядром;
- ✓ возрастает энергия орбитали.

# Энергетическая диаграмма орбиталей в водородоподобном и многоэлектронном атоме

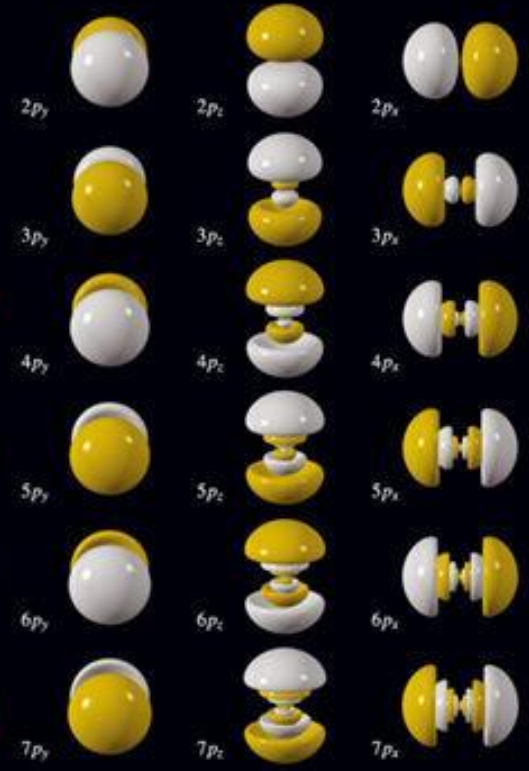
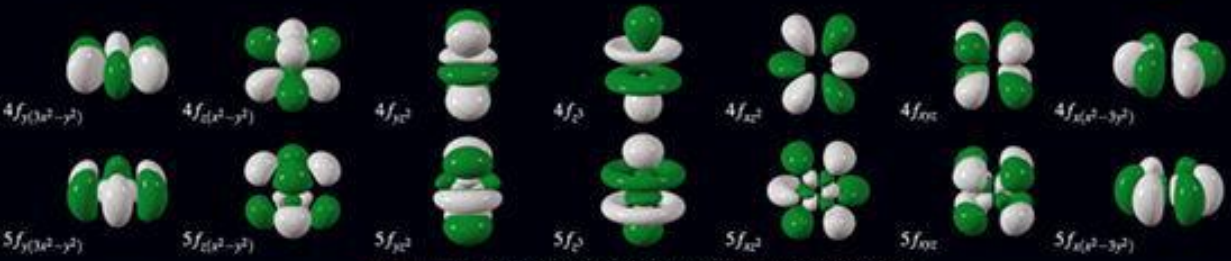
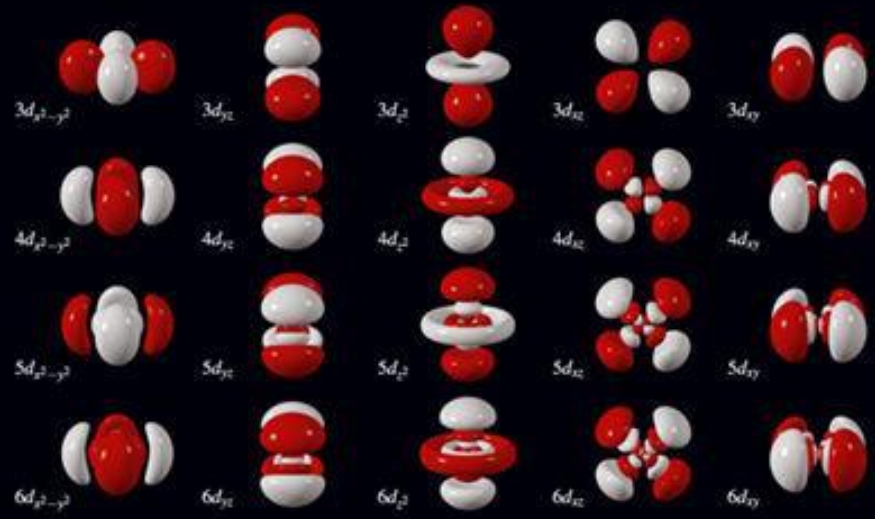




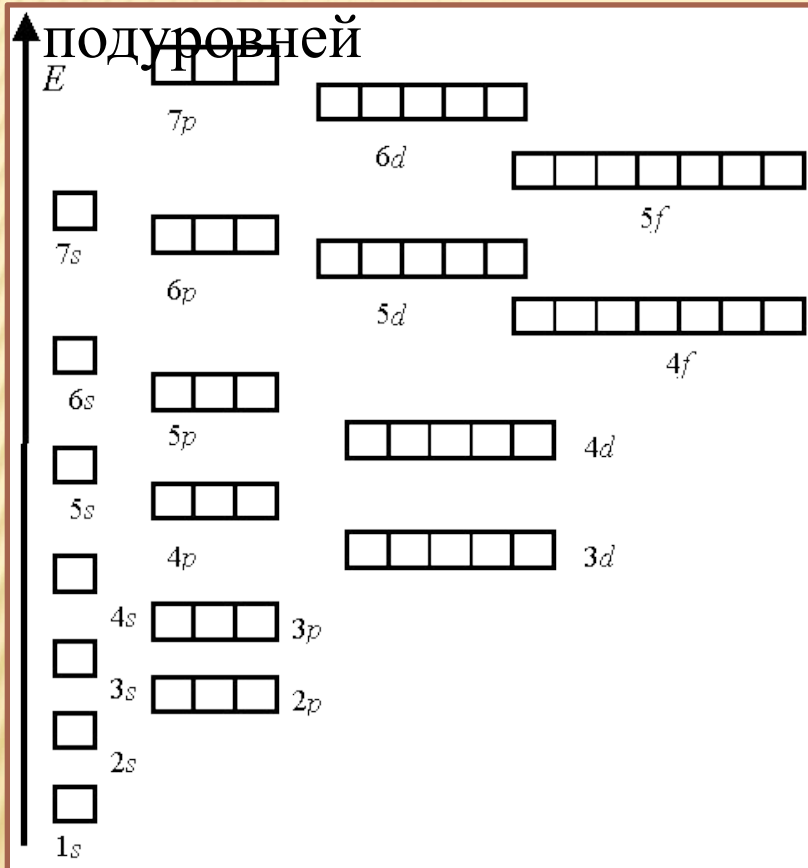
# The Orbitron gallery of atomic orbitals



1s  
2s  
3s  
4s  
5s  
6s  
7s



## Взаимное расположение энергетических уровней



## Принципы заполнения электронных орбиталей

- ✓ Принцип минимума энергии электронов
- ✓ Принцип (запрет) Паули
- ✓ Правило Хунда

$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p < 5s < 4d < 5p < 6s < 4f < 5d < 6p < 7s < 5f < 6d \dots$



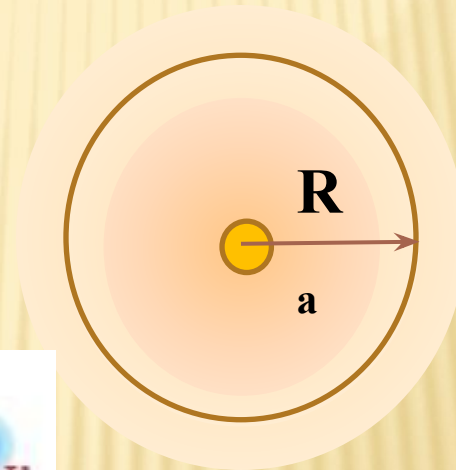
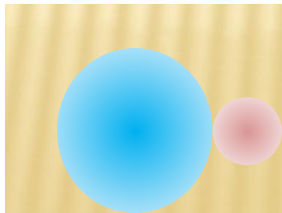
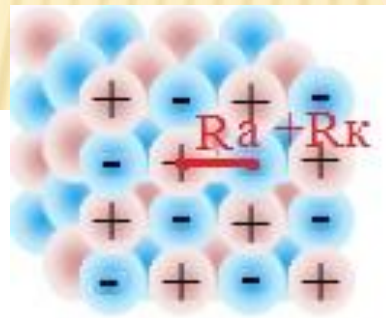
# ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АТОМОВ

$R_a$  - характеристика атома, позволяющая приближённо оценивать межатомные (межъядерные) расстояния в молекулах и кристаллах

$$R_a \approx 0,1 \text{ Нм}$$

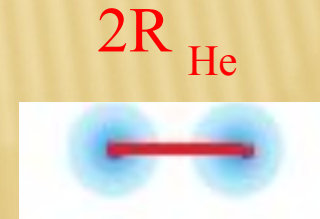
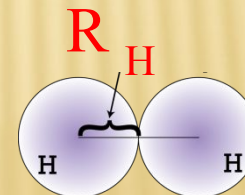
Радиусы атома:

- ✓ металлические,
- ✓ ионные,
- ✓ ковалентные
- ✓ ван-дер-ваальсовы



(90-98%  
электронной  
плотности  
заключено в  
сфере этого  
радиуса).

$$R_{A^+} < R_{A^0} < R_{A^-}$$

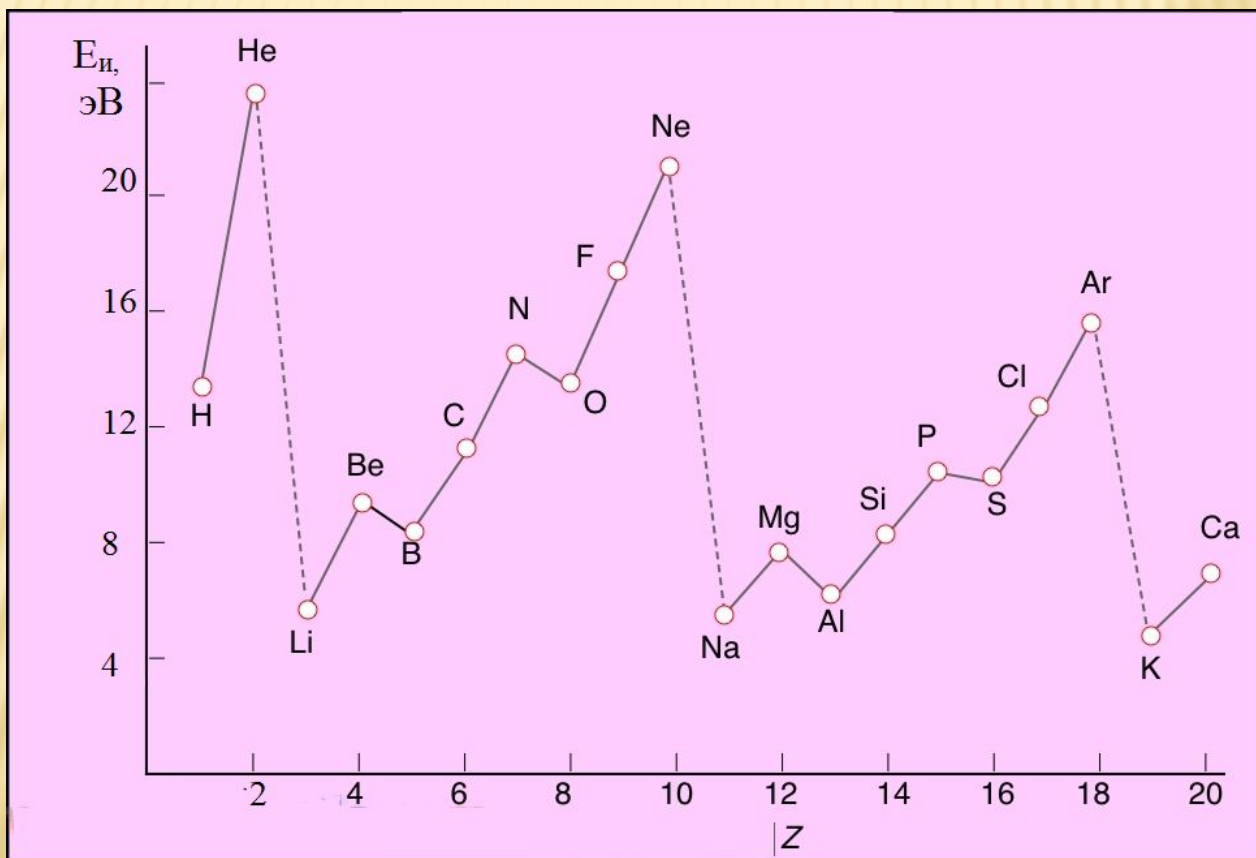
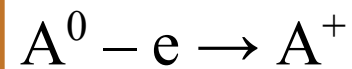






# ЭНЕРГИЯ ИОНИЗАЦИИ

Энергия (потенциал) ионизации атомов - минимальная энергия, необходимых для удаления электрона из атома на бесконечность.

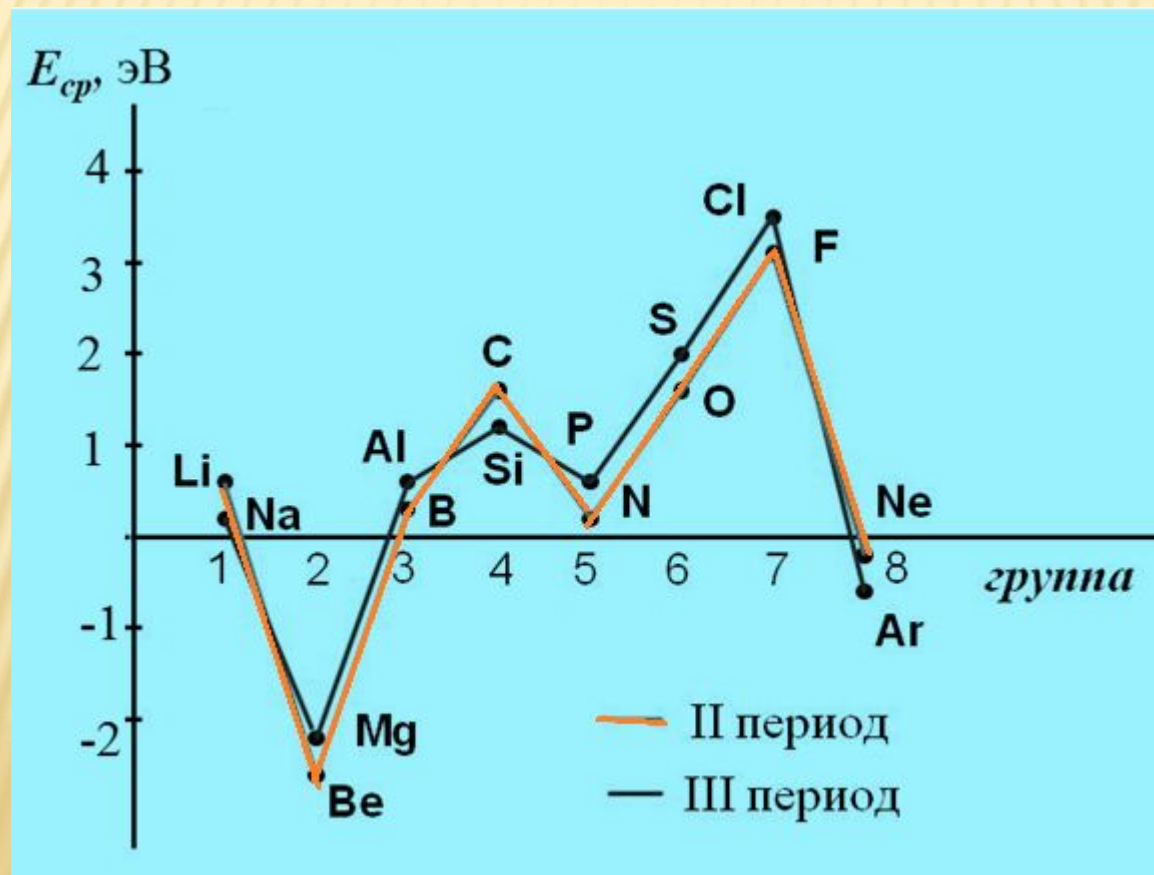
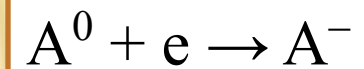


Энергия ионизации атомов первых 20 элементов

# ЭНЕРГИЯ СРОДСТВА К ЭЛЕКТРОНУ

**Сродство атома к электрону** - способность атомов присоединять электрон и превращаться в отрицательный ион.

Мерой сродства к электрону служит энергия, которая выделяется или поглощается при этом





# Электроотрицательность

$\chi$  – способность атомов перетягивать на себя электронную ПЛОТНОСТЬ

по Малликену:

$$\chi = \frac{1}{2}(E_{\text{и}} + E_{\text{ср}})$$

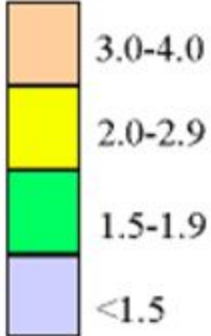
По Полингу:

$$\chi_{\text{Li}} = 1$$

$$\chi_{\text{F}} = 4$$

## Электроотрицательность по Полингу

Н 2,1																
Li 1,0	Be 1,5											B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0
Na 0,9	Mg 1,2											Al 1,5	Si 1,8	P 2,1	S 2,5	Cl 3,0
K 0,8	Ca 1,0	Sc 1,3	Ti 1,5	V 1,6	Cr 1,6	Mn 1,5	Fe 1,8	Co 1,9	Ni 1,9	Cu 1,9	Zn 1,6	Ga 1,6	Ge 1,8	As 2,0	Se 2,4	Br 2,8
Rb 0,8	Sr 1,0	Y 1,2	Zr 1,4	Nb 1,6	Mo 1,8	Tc 1,9	Ru 2,2	Rh 2,2	Pd 2,2	Ag 1,9	Cd 1,7	In 1,7	Sn 1,8	Sb 1,9	Te 2,1	I 2,5
Cs 0,7	Ba 0,9	La 1,0	Hf 1,3	Ta 1,5	W 1,7	Re 1,9	Os 2,2	Ir 2,2	Pt 2,2	Au 2,4	Hg 1,9	Tl 1,8	Pb 1,9	Bi 1,9	Po 2,0	At 2,2
Fr 0,7	Ra 0,9	Ac 1,0														



Legend for Pauling electronegativity values:

- 3.0-4.0 (Orange)
- 2.0-2.9 (Yellow)
- 1.5-1.9 (Green)
- <1.5 (Purple)

# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

www.calc.ru



Д.И. Менделеев  
1834–1907

Периоды	Ряды	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																Энергетические уровни	
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII			
		а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б		
1	1	<b>H</b> водород 1,008																<b>He</b> гелий 4,003	
2	2	<b>Li</b> литий 6,941	<b>Be</b> бериллий 9,0122	<b>B</b> бор 10,811	<b>C</b> углерод 12,011	<b>N</b> азот 14,007	<b>O</b> кислород 15,999	<b>F</b> фтор 18,998										<b>Ne</b> неон 20,179	
3	3	<b>Na</b> натрий 22,99	<b>Mg</b> магний 24,312	<b>Al</b> алюминий 26,982	<b>Si</b> кремний 28,086	<b>P</b> фосфор 30,974	<b>S</b> сера 32,064	<b>Cl</b> хлор 35,453										<b>Ar</b> аргон 39,948	
4	4	<b>K</b> калий 39,102	<b>Ca</b> кальций 40,08	<b>Sc</b> скандий 44,956	<b>Ti</b> титан 47,956	<b>V</b> ванадий 50,941	<b>Cr</b> хром 51,996	<b>Mn</b> марганец 54,938	<b>Fe</b> железо 55,849	<b>Co</b> кобальт 58,933	<b>Ni</b> никель 58,7								
	5	<b>Cu</b> медь 63,546	<b>Zn</b> цинк 65,37	<b>Ga</b> галлий 69,72	<b>Ge</b> германий 72,59	<b>As</b> мышьяк 74,922	<b>Se</b> селен 78,96	<b>Br</b> бром 79,904											<b>Kr</b> криптон 83,8
5	6	<b>Rb</b> рубидий 85,468	<b>Sr</b> стронций 87,62	<b>Y</b> иттрий 88,906	<b>Zr</b> цирконий 91,22	<b>Nb</b> ниобий 92,906	<b>Mo</b> молибден 95,94	<b>Tc</b> технеций [99]	<b>Ru</b> рутений 101,07	<b>Rh</b> родий 102,906	<b>Pd</b> палладий 106,4								
	7	<b>Ag</b> серебро 107,868	<b>Cd</b> кадмий 112,41	<b>In</b> индий 114,82	<b>Sn</b> олово 118,69	<b>Sb</b> сурьма 121,75	<b>Te</b> теллур 127,6	<b>I</b> йод 126,905											<b>Xe</b> ксенон 131,3
6	8	<b>Cs</b> цезий 132,905	<b>Ba</b> барий 137,34	<b>57–71</b> лантаноиды	<b>Hf</b> гафний 178,49	<b>Ta</b> тантал 180,948	<b>W</b> вольфрам 183,85	<b>Re</b> рений 186,207	<b>Os</b> осмий 190,2	<b>Ir</b> иридий 192,22	<b>Pt</b> платина 195,09								
	9	<b>Au</b> золото 196,967	<b>Hg</b> ртуть 200,59	<b>Tl</b> таллий 204,37	<b>Pb</b> свинец 207,19	<b>Bi</b> висмут 208,98	<b>Po</b> полоний [210]	<b>At</b> астат [210]											<b>Rn</b> радон [222]
7	10	<b>Fr</b> франций [223]	<b>Ra</b> радий [226]	<b>89–103</b> актиноиды	<b>Rf</b> резерфордий [261]	<b>Db</b> дубний [262]	<b>Sg</b> сигборгий [263]	<b>Bh</b> борий [262]	<b>Hn</b> ханний [265]	<b>Mt</b> мейтнерий	<b>110</b>								
Высшие оксиды		R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	RO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	RO <sub>4</sub>										
Летучие водородные соединения					RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> R	HR											

СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА      ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ПО СЛОЯМ

- s-элементы
- p-элементы
- d-элементы
- f-элементы

## Л А Н Т А Н О И Д Ы

<b>57 La</b> лантан 138,906	<b>58 Ce</b> церий 140,12	<b>59 Pr</b> празеодим 140,908	<b>60 Nd</b> неодим 144,24	<b>61 Pm</b> прометий [145]	<b>62 Sm</b> самарий 150,4	<b>63 Eu</b> европий 151,96	<b>64 Gd</b> гадолиний 157,25	<b>65 Tb</b> тербий 158,926	<b>66 Dy</b> диспрозий 162,5	<b>67 Ho</b> гольмий 164,93	<b>68 Er</b> эрбий 167,26	<b>69 Tm</b> тулий 168,934	<b>70 Yb</b> иттербий 173,04	<b>71 Lu</b> лютеций 174,97
-----------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

## А К Т И Н О И Д Ы

<b>89 Ac</b> актиний [227]	<b>90 Th</b> торий 232,036	<b>91 Pa</b> протактиний [231]	<b>92 U</b> уран 238,29	<b>93 Np</b> нептуний [237]	<b>94 Pu</b> плутоний [244]	<b>95 Am</b> амерций [243]	<b>96 Cm</b> кюрий [247]	<b>97 Bk</b> берклий [247]	<b>98 Cf</b> калфорний [251]	<b>99 Es</b> эйнштейний [254]	<b>100 Fm</b> фермий [257]	<b>101 Md</b> менделевий [258]	<b>102 No</b> нобелий [259]	<b>103 Lr</b> лоуренсий [260]
----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------



# ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ



**Составьте конспект по теме «Строение атома», раскрыв следующие положения:**

1. Развитие представлений о структуре материи
2. Предпосылки для появления квантово-механического описания строения атома.
3. Модели атома Томпсона, Резерфорда, Бора
4. Квантово-волновой дуализм
5. Принцип неопределенности Гейзенберга
6. Стационарное уравнение Шредингера
7. Опыты по дифракции электрона
8. Интерпретация волновой функции и физический смысл квадрата модуля волновой функции.
9. Решение уравнения Шредингера для свободного электрона.
10. Решение уравнения Шредингера электрона в одномерном потенциальном ящике.
11. Квантово-механическое описание электрона в атоме водорода
12. Основное состояние атома водорода. Понятие электронной орбитали
13. Физический смысл квантовых чисел
14. Описание электронов в многоэлектронном атоме.
15. Физико-химические характеристики атомов
16. Закономерности изменения химических свойств элементов и их соединений

***Конспект должен содержать краткое изложение данных вопросов с использованием нескольких интернет-источников.***

***В процессе конспектирования оставьте место (широкие поля) для дополнений. Вами должно быть отмечено то, что требует разъяснений. Запись ведите своими словами, что поможет лучшему осмыслению текста.***