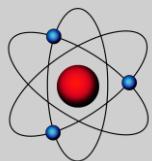




ТИПАМЕ

## Урок физики 2 курс (2 семестр)

# Тема № 13, 14. Строение атома. Опыт Резерфорда. Постулаты Бора.



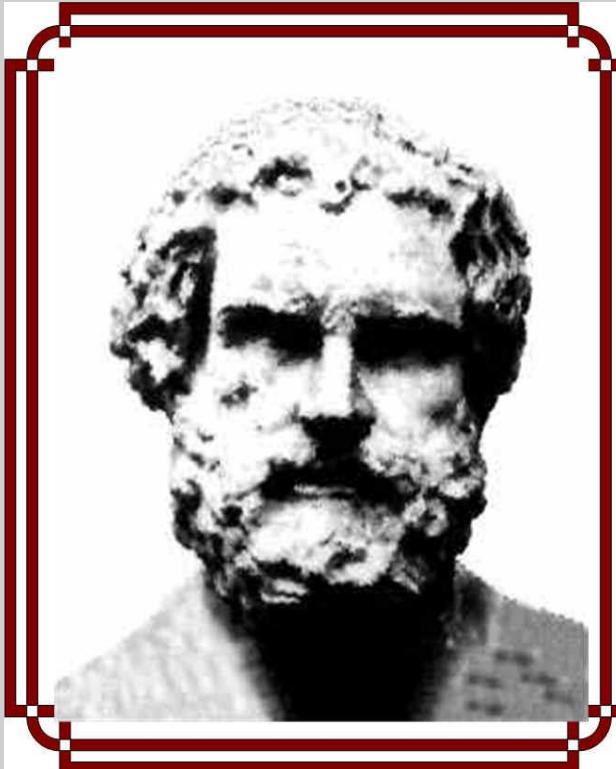
Преподаватель к.ф-м. наук: Мирахмедова Нигора Миркамаловна



# Ученые древности о строении вещества



TIPAME



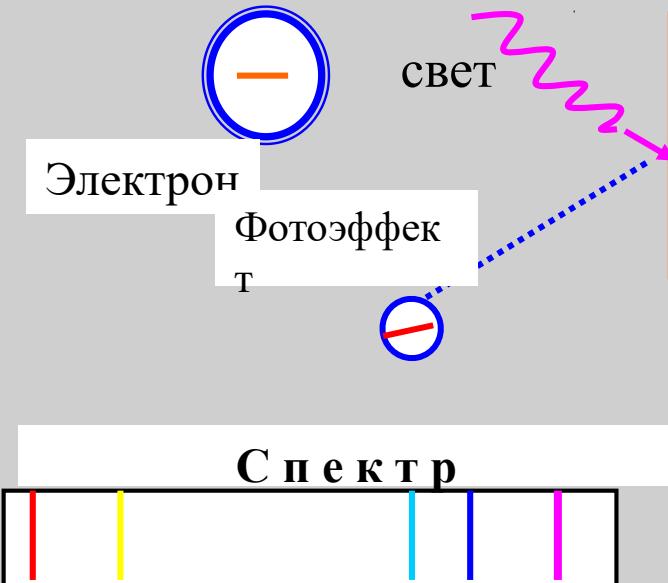
- Древнегреческий ученый **Демокрит** 2500 лет назад считал, что любое вещество состоит из мельчайших частиц, которые впоследствии были названы **«атомами»**, что в переводе на русский язык означает **«неделимый»**
- Долгое время считалось, что атом является неделимой частицей.



# Факты указывающие на сложность строения атома



ТИПАМЕ



В конце 19-го века появились данные, указывающие на сложность строения атома:

- Открыт электрон
- Открыто явление фотоэффекта
- Открыты линейчатые спектры
- Открыто явление радиоактивности и т.д.

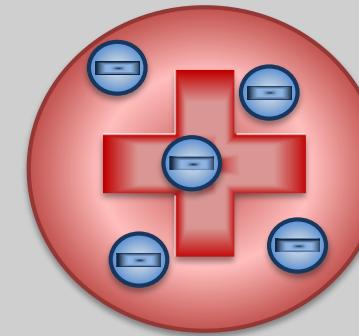
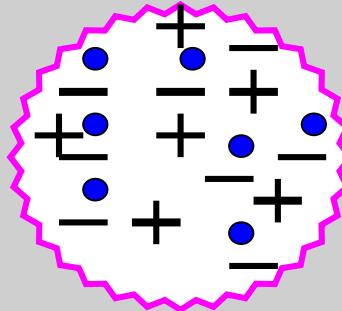


# Пудинговая модель атома



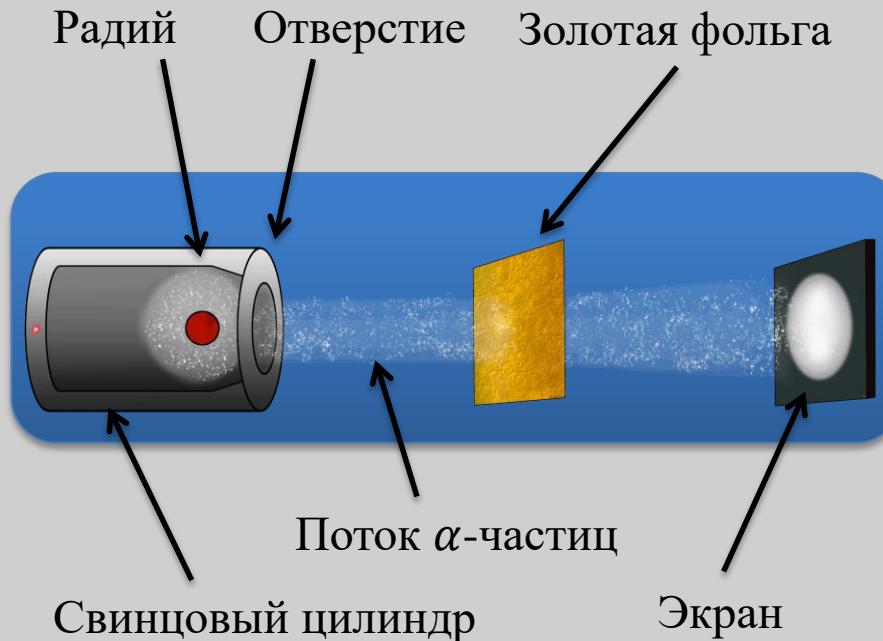
TPIAME

Учеными было предложено множество моделей строения атома. Английский ученый Томсон полагал, что атом представляет собой некую положительно заряженную материю, в которую как «изюм» в булочках вкраплены электроны, имеющие отрицательный заряд. Все модели были умозрительными и не являлись результатом проведения эксперимента.



# Опыт Э.Резерфорда - 1911г.

Цель: обнаружить состав атома



Масса  $\alpha$ -частицы в тысячи раз превосходит массу электрона.

Заряд  $\alpha$ -частицы вдвое больше модуля заряда электрона.

Скорость  $\alpha$ -частицы составляет примерно  $1/15$  скорости света.

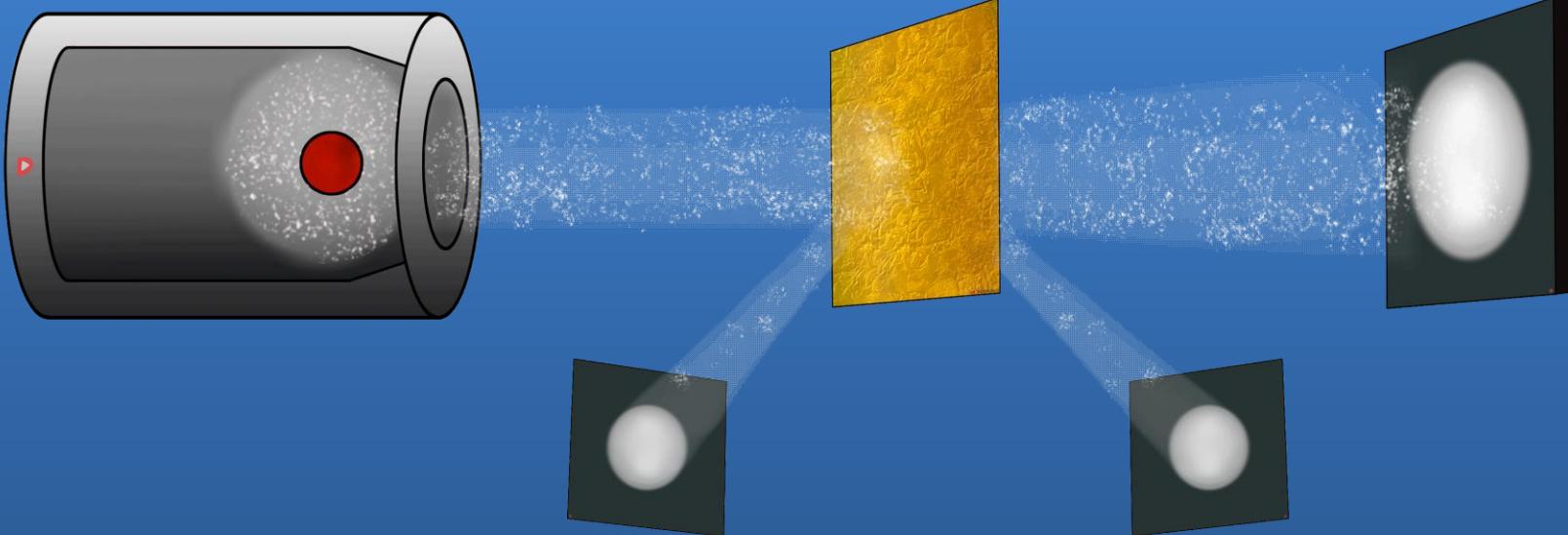
**Рассеяние  $\alpha$ -частиц может быть вызвано только положительно заряженной частью атома.**



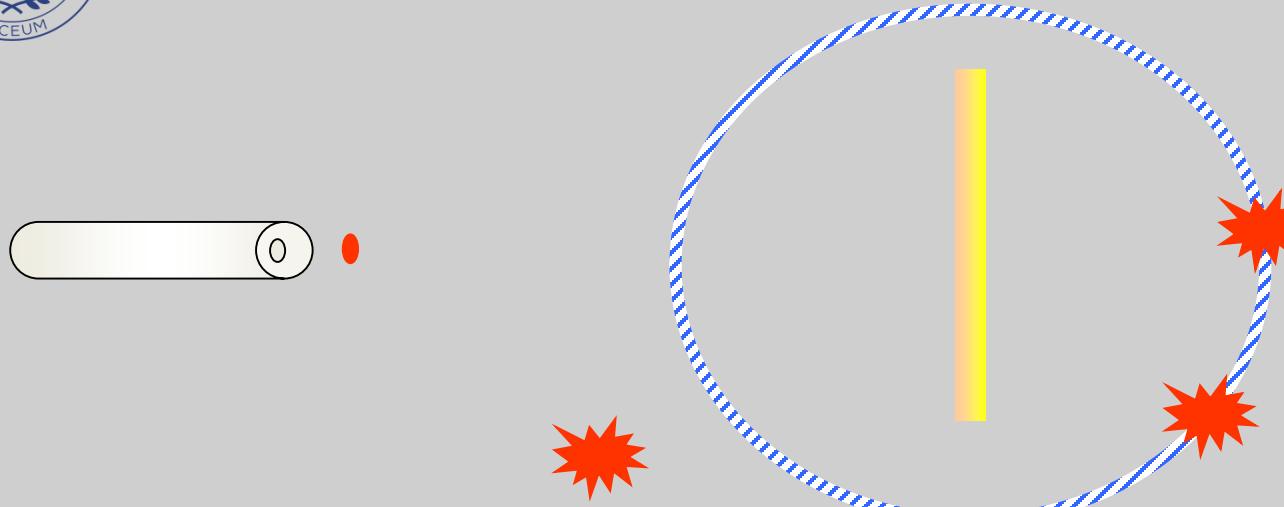
# Опыт Э.Резерфорда - 1911г



TIAAME



# Опыт Э.Резерфорда - 1911г



## Результат:

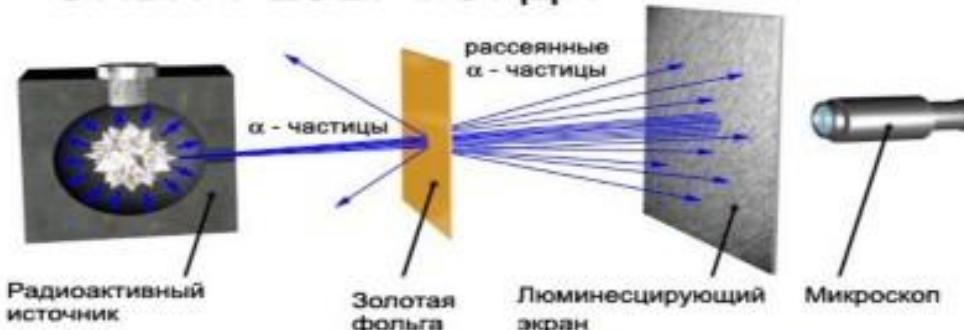
1. Большинство  $\alpha$ -частиц пролетает сквозь фольгу не отклоняясь
2. Небольшое количество  $\alpha$ -частиц отклоняется на небольшой угол
3. Есть  $\alpha$ -частицы, которые отклоняются на угол  $90^\circ$

# Опыт Э. Резерфорда - 1911г



ТИАМЕ

## ОПЫТ РЕЗЕРФОРДА

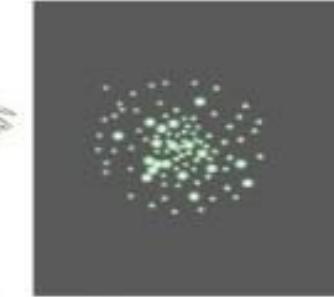


Радиоактивный источник

Золотая фольга

Люминесцирующий экран

Микроскоп



Фотографии люминесцирующего экрана при отсутствии золотой фольги в потоке  $\alpha$ -частиц и при ее внесении в поток

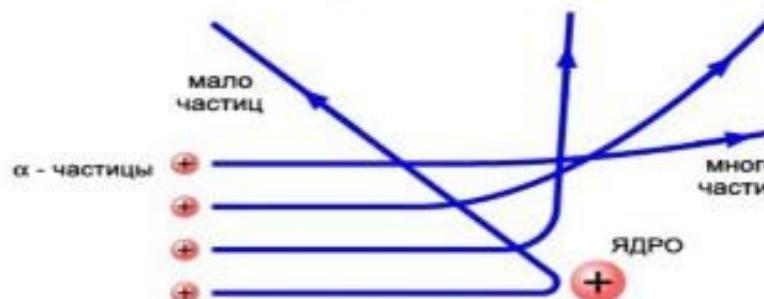
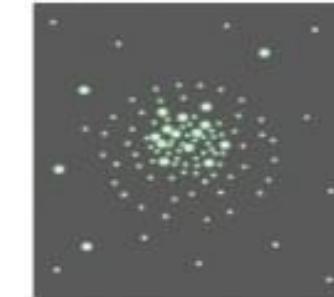


СХЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  $\alpha$ -ЧАСТИЦ С ЯДРОМ



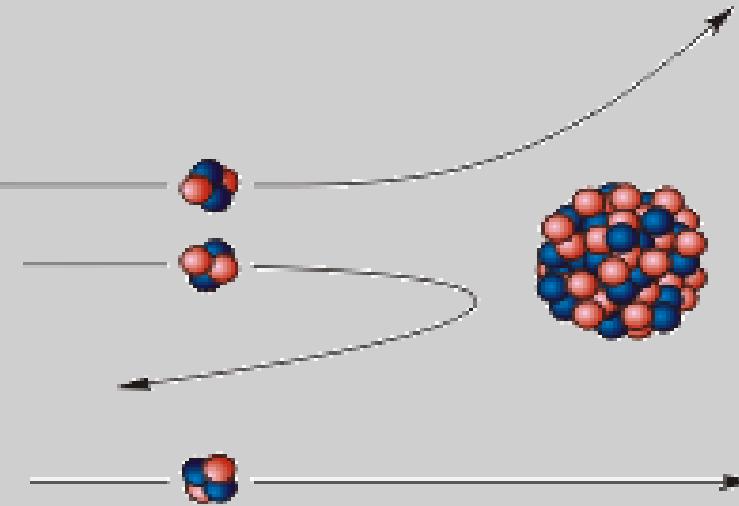
Каждая вспышка вызывается ударом  $\alpha$ -частицы об экран

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

# Механизм рассеивания.



TIPAME

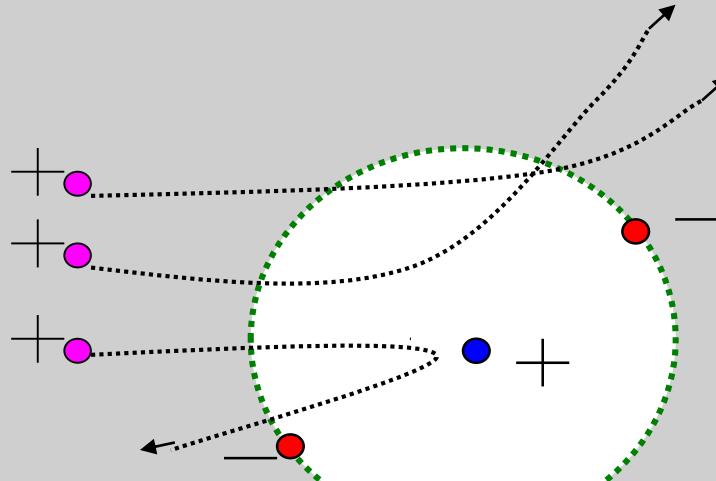


$\alpha$ -частица имеет положительный заряд, поэтому отталкивается от положительного заряда, расположенного где-то внутри атома.

При этом чем ближе будет проходить траектория  $\alpha$ -частицы к положительному заряду атома – тем больше сила действующая на нее, тем сильнее изменится ее траектория.



# Вывод из опыта Резерфорда.



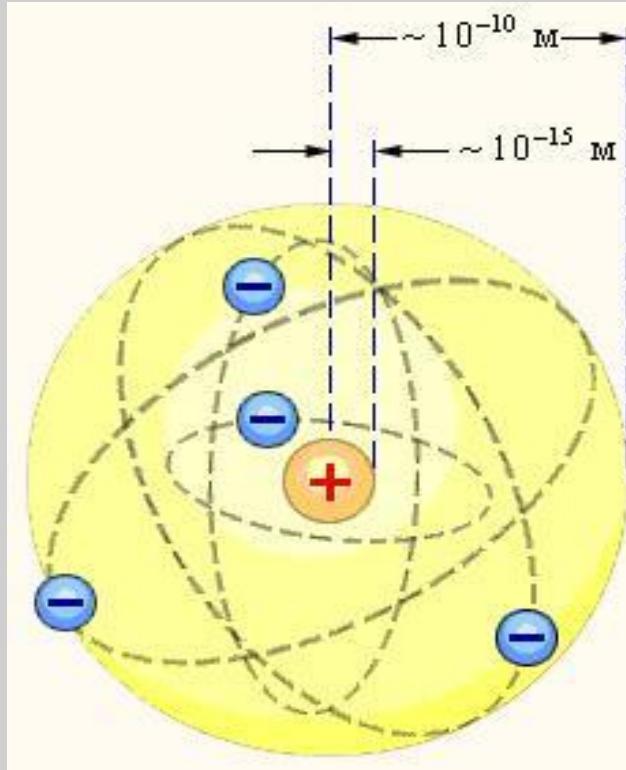
Учитывая то, что из 2000 испущенных  $\alpha$ -частиц только одна отбрасывалась назад

Резерфорд сделал вывод, что положительный заряд в атоме занимает небольшое пространство, то есть в атоме есть положительно заряженное **ядро**, а электроны врачаются вокруг ядра.

# Планетарное строение атома



TIPAME



Из опыта Резерфорда следует, что атом устроен следующим образом: в центре атома расположено положительно заряженное **ядро** размер которого от 10 000 до 100 000 раз меньше размера атома, а по орбите вокруг ядра вращаются **электроны**.

Данная модель строения атома называется **планетарной**. Заряд ядра по величине равен заряду всех электронов, поэтому **атом нейтрален**.

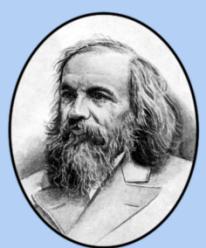
# ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

		ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ																		
ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII				
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	V	VII	VIII	A	
1	1	H 1.00794 Hydrogenium Водород																	He 4.002602 Helium Гелий	
2	2	Li 6.941 Lithium Литий	Be 9.0122 Beryllium Бериллий	B 10.811 Boron Бор	C 12.011 Carbonium Углерод	N 14.007 Nitrogenium Азот	O 15.999 Oxygenium Кислород	F 18.998 Fluorum Фтор											Ne 20.179 Neon Неон	
3	3	Na 22.99 Natrium Натрий	Mg 24.305 Magnesium Магний	Al 26.9815 Aluminium Алюминий	Si 28.086 Silicium Кремний	P 30.974 Phosphorus Фосфор	S 32.066 Sulfur Сера	Cl 35.453 Chlorium Хлор											Ar 39.948 Argon Аргон	
4	4	K 39.098 Kalium Калий	Ca 40.08 Calcium Кальций	Sc 44.956 Scandium Скандий	Ti 47.90 Titanium Титан	V 50.941 Vanadium Ванадий	Cr 51.996 Chromium Хром	Mn 54.938 Manganum Марганец	Fe 55.847 Ferrum Железо	Co 58.933 Cobaltum Кобальт	Ni 58.70 Nicollum Никель									
5	5	Rb 85.468 Rubidium Рубидий	Sr 87.62 Strontium Стронций	Zn 63.546 Cuprum Медь	Ga 69.72 Gallium Галий	Ge 72.59 Germanium Германий	As 74.992 Arsenicum Мышьяк	Se 78.96 Selenium Селен	Br 79.904 Bromum Бром										Kr 83.80 Krypton Криптон	
6	6					Y 88.906 Yttrium Иттрий	Zr 91.22 Zirconium Цирконий	Nb 92.906 Niobium Ниобий	Mo 95.94 Molybdaenum Молибден	Tc 97.91 Technetium Технеций	Ru 101.07 Ruthenium Рутений	Rh 102.906 Rhodium Родий	Pd 106.4 Palladium Палладий							
7	7	Ag 107.868 Argentum Серебро	Cd 112.41 Cadmium Кадмий	In 114.82 Indium Индий	Sn 118.71 Stannum Олово	Sb 121.75 Stibium Сурьма	Te 127.60 Tellurium Теллур	I 126.9045 Iodum Иод										Xe 131.29 Xenon Ксенон		
8	8	Cs 132.905 Cesium Цезий	Ba 137.33 Barium Барий	La* 138.9055 Lanthanum Лантан	Hf 178.49 Hafnium Гафниум	Ta 180.9479 Tantalum Тантал	W 183.85 Wolframium Вольфрам	Re 186.207 Rhenium Рений	Os 190.2 Osmium Осмий	Ir 192.22 Iridium Иридий	Pt 195.08 Platinum Платина								Rn [222] Radon Радон	
9	9	Au 196.967 Aurum Золото	Hg 200.59 Hydrygrium Ртуть	Tl 204.38 Thallium Таллий	Pb 207.19 Plumbum Свинец	Bi 208.980 Bismuthum Висмут	Po 209.98 Polonium Полоний	At 209.99 Astatum Астат												
7	10	Fr [223] Francium Франций	Ra [226] Radium Радий	Ac** [227] Actinium Актиний	Rf [261] Rutherfordium Феरезфордий	Db [262] Dubnium Дубний	Sg [263] Seaborgium Сиборгий	Bh [265] Bohrium Борий	Hs [266] Hassium Хассий	Mt [269] Meitnerium Мейтнерий										
ФОРМУЛЫ ВЫСШИХ ОКСИДОВ		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>				
ФОРМУЛЫ ЛЕТУЩИХ ОДНОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ																				

## ЛАНТАНОИДЫ

## АКТИНОИДЫ

58 140.12 Ce Серий Церий	59 140.908 Pr Празеодим Празеодим	60 144.24 Nd Неодим Неодим	61 144.91 Pm Прометий Прометий	62 150.36 Sm Семарий Семарий	63 151.96 Eu Европий Европий	64 157.25 Gd Гадолиний Гадолиний	65 158.926 Tb Тербий Тербий	66 162.59 Dy Диспрозий Диспрозий	67 164.930 Ho Холмий Холмий	68 167.26 Er Эрбий Эрбий	69 168.934 Tm Тхимий Тхимий	70 173.04 Yb Иттербий Иттербий	71 174.967 Lu Лютениум Лютениум
90 232.038 Th Торий Торий	91 231.04 Pa Протактиний Протактиний	92 238.03 U Уран Уран	93 237.05 Np Нептуний Нептуний	94 244.06 Pu Плутоний Плутоний	95 245.06 Am Америкий Америкий	96 247.07 Cm Симим Симим	97 247.07 Bk Бесцерий Бесцерий	98 251.68 Cf Калифорний Калифорний	99 252.08 Es Эинстиний Эинстиний	100 257.10 Fm Фермий Фермий	101 261.0 Md Менделевий Менделевий	102 259.10 No Нобелий Нобелий	103 260.10 Lr Лауренсий Лауренсий



Д. И. МЕНДЕЛЕЕВ  
1834-1907

Символ элемента  
Относительная атомная масса  
Порядковый номер

Ar  
Argon  
Аргон

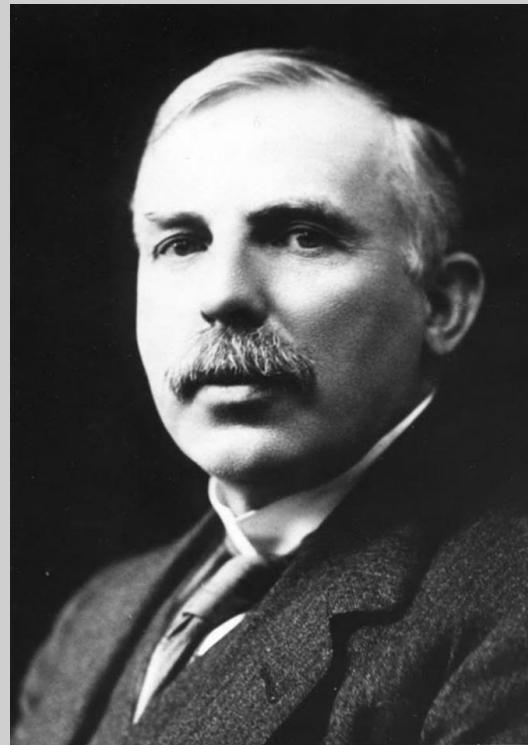
Название элемента  
Распределение электронов на энергетических уровнях

S-ЭЛЕМЕНТЫ

p-ЭЛЕМЕНТЫ

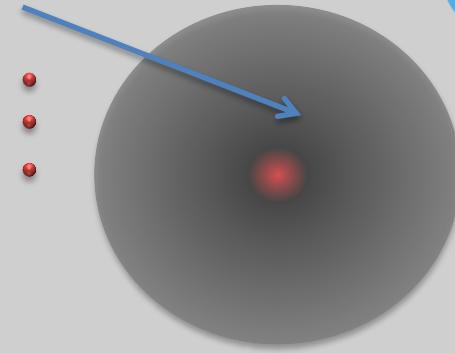
d-ЭЛЕМЕНТЫ

f-ЭЛЕМЕНТЫ



Эрнест Резерфорд

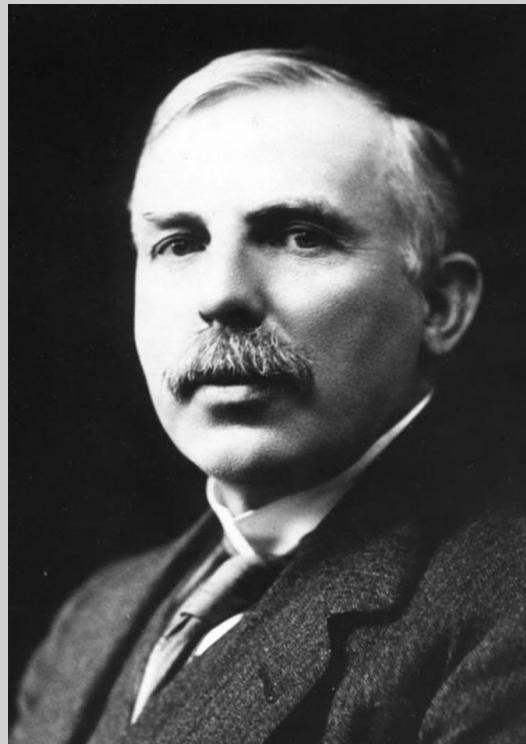
Ядро



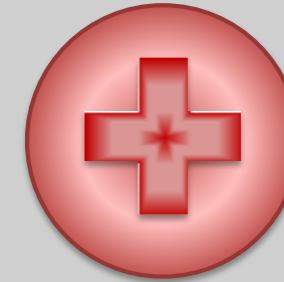
**Атомное ядро** — тело малых размеров, в котором сконцентрированы почти вся масса и весь положительный заряд атома.

**Диаметр ядра:**  $\sim 10^{-14} — 10^{-15}$  м.

**Диаметр атома:**  $\sim 10^{-10}$  м.



Эрнест Резерфорд



Ядро атома водорода (**протон**):

$$q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$



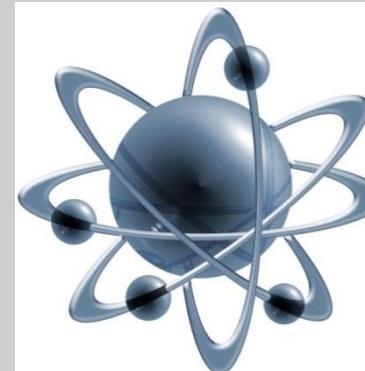
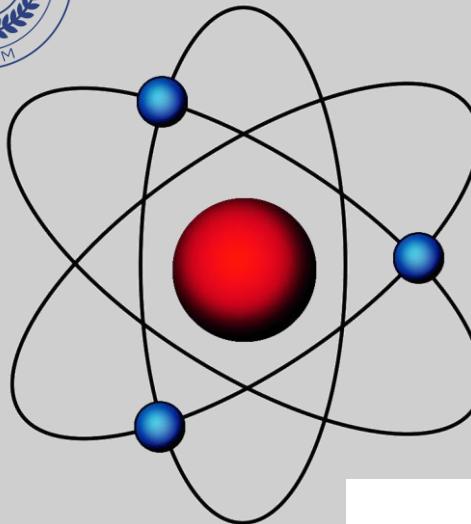
TIAAME



# Главные выводы



ТИПАМЕ

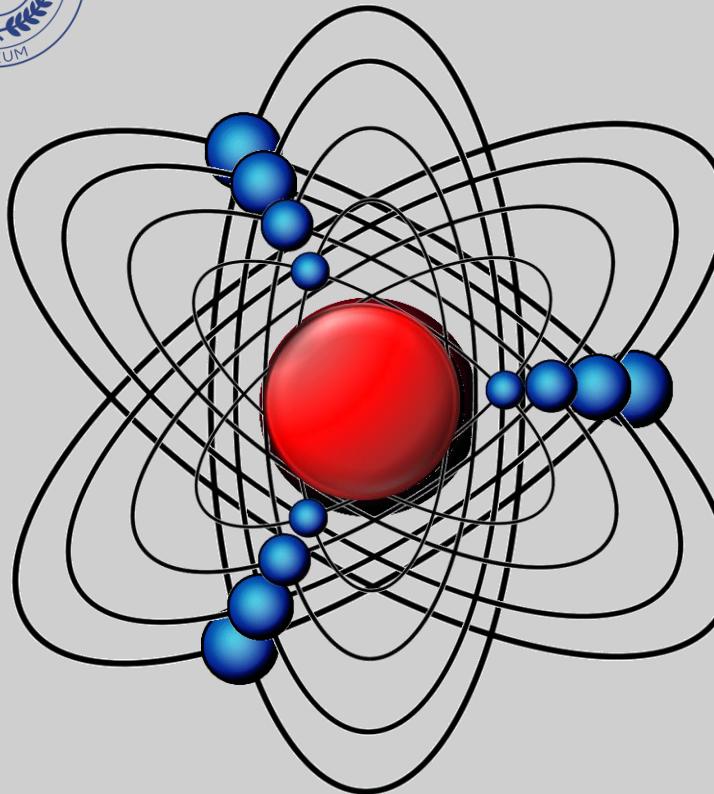


В результате исследований Резерфорда была предложена **планетарная модель атома**.

**Атомное ядро** — это тело малых размеров, в котором сконцентрированы почти вся масса и весь положительный заряд атома.

**Ядро атома водорода** рассматривается как элементарная частица и называется **протоном**.

Процессы, происходящие внутри атомов, необходимо рассматривать с точки зрения **квантовой механики**.



Поскольку любое криволинейное движение является ускоренным, скорость электронов постоянно меняется.

Исходя из законов электродинамики Максвелла, при этом электроны должны испускать электромагнитные волны, а, значит, — терять энергию.

В этом случае, расчеты, основанные на классической механике Ньютона говорят о том, что атомы очень неустойчивы.

**К явлениям, происходящим внутри атомов, необходимо применять квантовую механику.**



# Постулаты Бора



ТИПАМЕ



Нильс Бор

## Первый постулат Бора

Существуют особые, стационарные состояния атома, находясь в которых, атом не излучает энергию, при этом, электроны в атоме движутся с ускорением.

## Второй постулат Бора

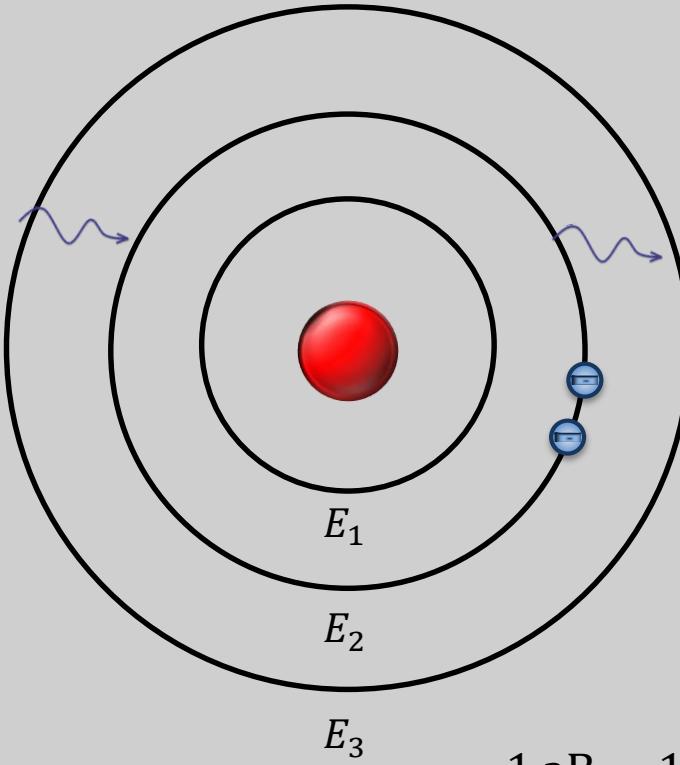
Излучение света происходит при переходе атома из стационарного состояния с большей энергией в стационарное состояние с меньшей энергией. Энергия излученного фотона равна разности энергий стационарных состояний:

$$h\nu_{kn} = E_k - E_n$$

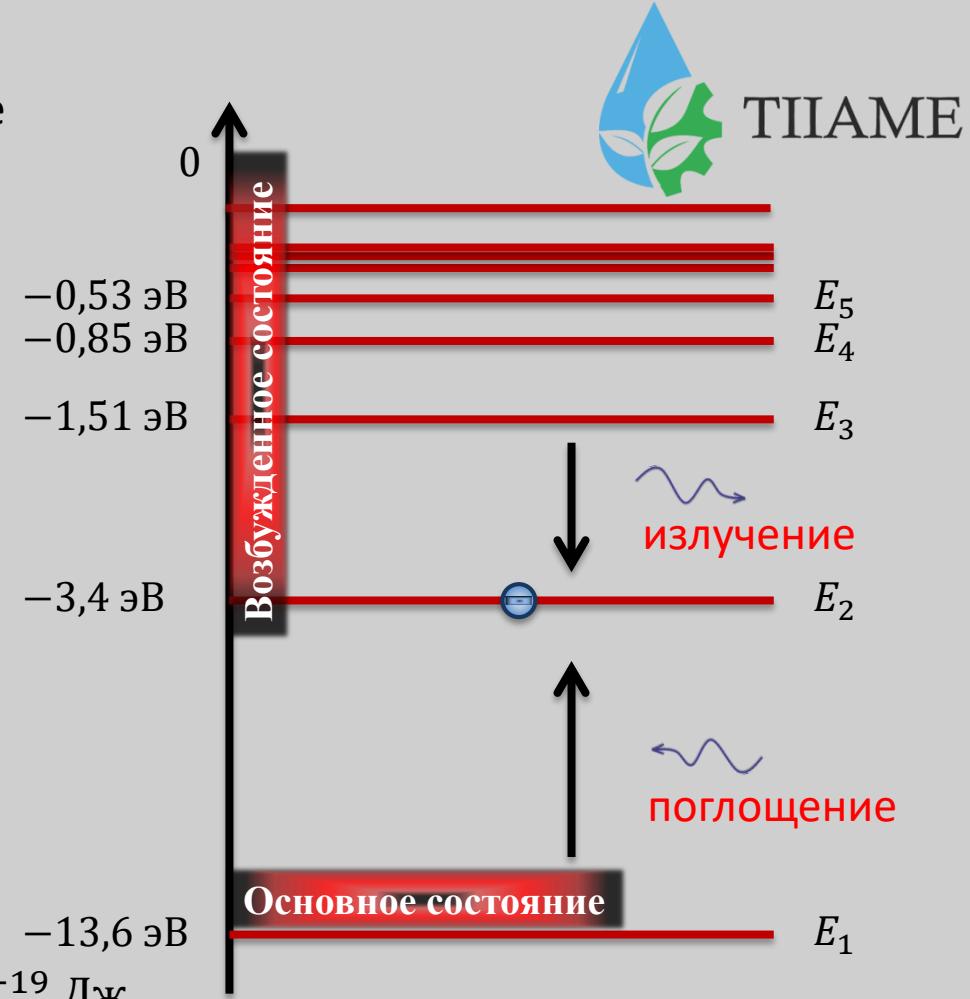
$$\nu_{kn} = \frac{E_k - E_n}{h}$$



$$h\nu_{kn} = E_k - E_n \quad \text{излучение}$$



$$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$



ТИАМЕ



Нильс Бор



ТИААМЕ

## Третий постулат Бора

Стационарные электронные орбиты можно найти из следующего условия:

$$m_e v_n l_n = n \hbar \quad 2\pi m_e v_n R_n = n \hbar$$

$$m_e v_n R_n = n \frac{\hbar}{2\pi}$$

$\hbar$  — квантовая постоянная Планка,

$v_n$  — скорость электрона на данной орбите,

$R_n$  — радиус данной орбиты,

$n$  — номер орбиты.



TIAAME



Нильс Бор

Для водорода:

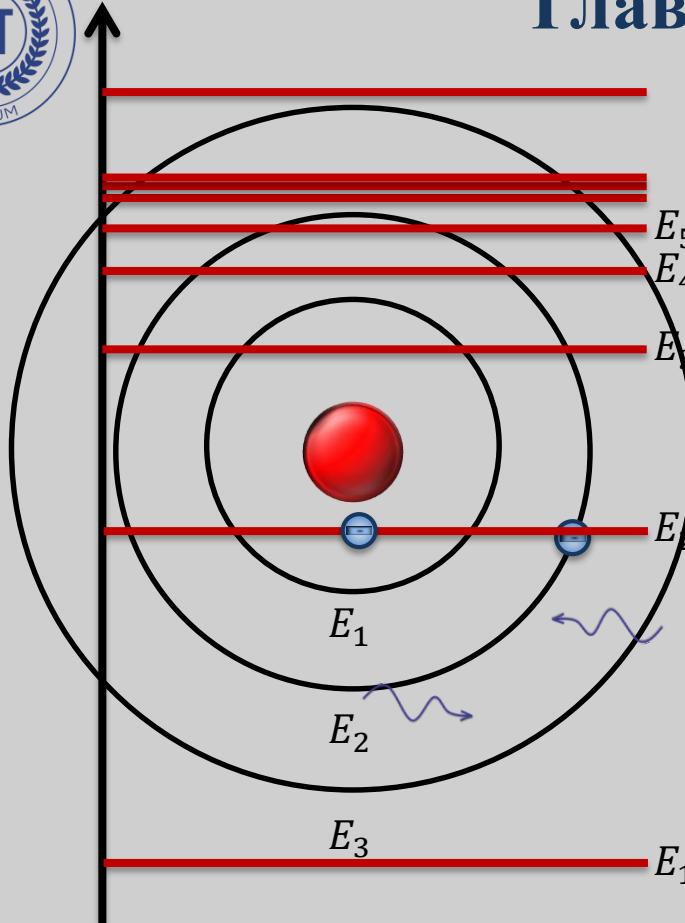
$$v_1 = \frac{ke^2}{\hbar} = 2,2 \cdot 10^6 \text{ м/с}$$

$$R_1 = \frac{\hbar^2}{m_e k e^2} = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$

Энергия электрона в атоме водорода

$$E_n = -\frac{1}{n^2} \cdot \frac{k^2 m_e e^4}{2\hbar^2}$$

# Главные выводы



**Первый постулат Бора:** существуют особые, стационарные состояния атома, находясь в которых, атом не излучает энергию, при этом, электроны в атоме движутся с ускорением.

**Второй постулат Бора:** Излучение света происходит при переходе атома из стационарного состояния с большей энергией в стационарное состояние с меньшей энергией. Энергия излученного фотона равна разности энергий стационарных состояний:

$$h\nu_{kn} = E_k - E_n$$



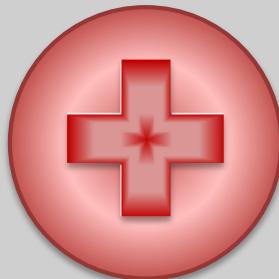
# Главные выводы



ТИАМЕ

Энергия электрона в атоме водорода:

$$E_n = -\frac{1}{n^2} \cdot \frac{k^2 m_e e^4}{2\hbar^2}$$



Радиус  $n$ -ой орбиты электрона:

$$R_n = \frac{n^2}{Z} \cdot \frac{\hbar^2}{m_e k e^2}$$

Скорость электрона на  $n$ -ой орбите:

$$v_n = \frac{Z}{n} \cdot \frac{k e^2}{\hbar}$$

**Задача 1.** Определите частоту волны света, испускаемого атомом водорода при его переходе с пятого энергетического уровня на третий энергетический уровень.



**Дано:**

$$k = 5$$

$$n = 3$$

$$\nu = ?$$

**Решение:**

Воспользуемся вторым постулатом Бора:

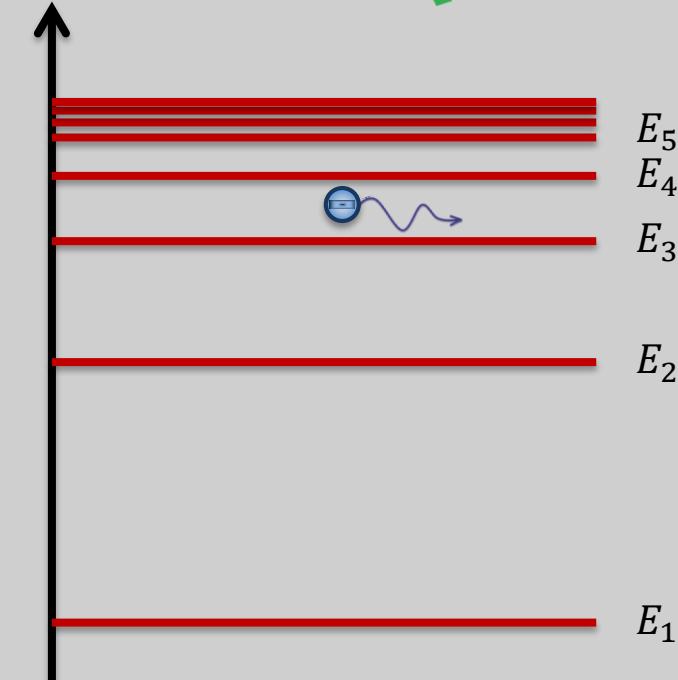
$$h\nu_{kn} = E_k - E_n \Rightarrow \nu_{kn} = \frac{E_k - E_n}{h}$$

Энергия электрона на  $n$ -ом уровне:

$$E_n = -\frac{1}{n^2} \cdot \frac{k_e^2 m_e e^4}{2\hbar^2}$$

$$\nu_{kn} = -\frac{k_e^2 m_e e^4}{2\hbar^2 h} \left( \frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$\nu_{53} = -\frac{(9 \cdot 10^9)^2 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \cdot (1,6 \cdot 10^{-19})^4}{2(1,05 \cdot 10^{-34})^2 \cdot 6,63 \cdot 10^{-34}} \cdot \left( \frac{1}{5^2} - \frac{1}{3^2} \right) = 2,35 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$





**Задача 2.** Найдите силу тока, который вызывает электрон, двигаясь в атоме водорода, находящемся в основном состоянии.



**Дано:**

$$R_1 = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$

$$v_1 = 2,2 \cdot 10^6 \text{ м/с}$$

$$I = ? \quad n = 1$$

**Решение:**

$$\text{Сила тока: } I = \frac{q}{t}$$

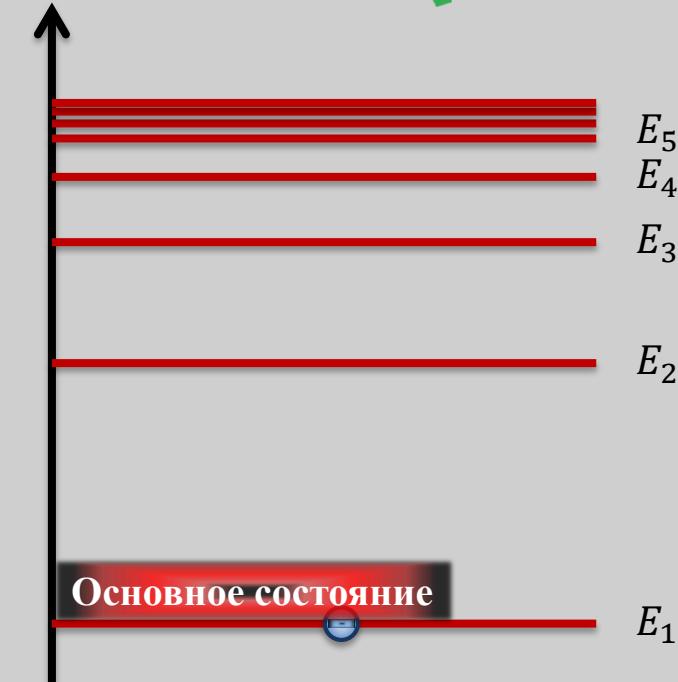
$$q = e; \quad t = T$$

Период обращения электрона по круговой орбите:

$$T = \frac{2\pi R_1}{v_1}$$

$$\text{Сила тока: } I = \frac{e}{T} = \frac{ev_1}{2\pi R_1}$$

$$I = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2,2 \cdot 10^6}{2\pi \cdot 0,53 \cdot 10^{-10}} = 1,06 \cdot 10^{-3} \text{ А} = 1,06 \text{ мА}$$





*Благодарю за внимание*