

# Модель атома

## Опыт Резерфорда. Постулаты Бора



# Модель атома

## Опыт Резерфорда

---

**Слово атом означает неделимый.  
Но так ли в действительности?**

То, что атом сложный стало понятно в конце XIX века. Первой весточкой сложного строения атома стали обнаруженные катодные лучи газоразрядных трубок. Катодные лучи представляли из себя поток отрицательно заряженных частиц.

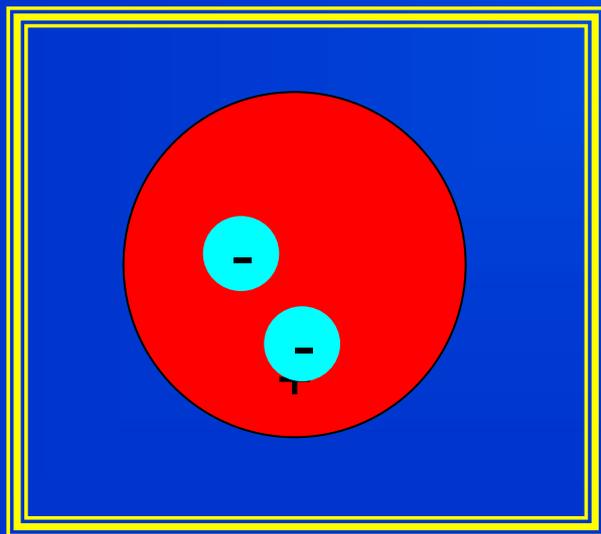
В 1895 году В. Рентген открыл X-лучи (рентгеновское излучение).

В 1896 году А. Беккерель открыл явление радиоактивности.

Все эти открытия говорили о сложных и пока еще непонятных процессах происходящих внутри атома.

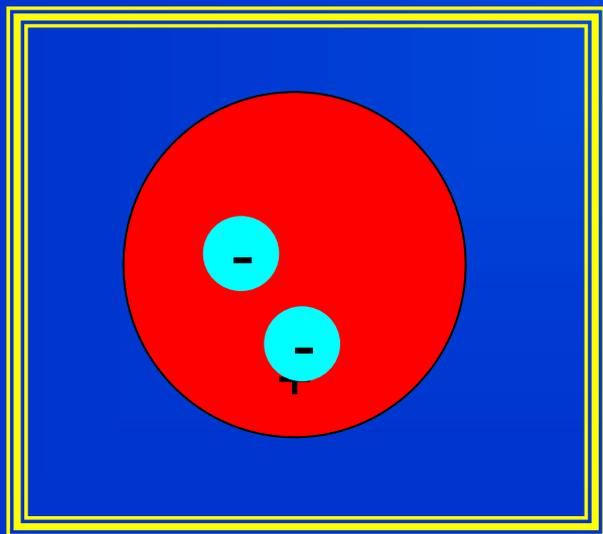


# Модель атома Томсона



Первую модель атома предложил Дж.Дж.Томсон. Он предположил, что отрицательные электроны находятся внутри положительно заряженного «жидкого» шара. Причем электрон легко может перемещаться внутри шара и даже покинуть его при определенных условиях.

# Модель атома Томсона



Количество атомов совпадало с положительным зарядом шара. Так, что в целом шар оставался электрически нейтральным.

Данной моделью можно было объяснить многие наблюдаемые явления, но не все...

# Опыт Резерфорда



**Альфа-частица представляет собой полностью ионизированный (то есть лишенный всех электронов) атом гелия**

Ученик Дж.Томсона Эрнест Резерфорд воспользовался альфа-частицами как снарядами для бомбардировки атомов различных веществ.

Опыты проведенные Резерфордом полностью перевернули представление об устройстве атома.

# Свойства радиоактивных излучений

## $\alpha$ -излучение:

- поток ядер  ${}^4_2\text{He}$  (1899 г., Э. Резерфорд),
- $m = 4$  а.е.м.,
- $q = 2e^-$ ,
- $v = 10^7$  м/с,
- защита: бумага (0,1 мм),
- магнитным полем отклоняются слабо.

## $\beta$ -излучение:

- - поток  $e^-$  (1899 г., А. Беккерель),
- $v = 10^8$  м/с  $\approx 0,999 c$  — пятно размыто,
- защита: алюминий (10 м),
- магнитным полем отклоняются сильно.

## $\gamma$ -излучение:

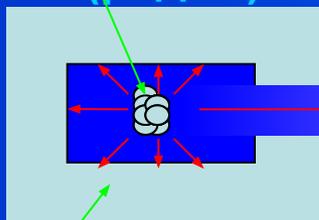
- электромагнитные волны,  $\lambda = 10^{-10} - 10^{-13}$  м,
- $v = c$ ,
- защита: свинец.

# Схема опыта Резерфорда



Радиоактивное вещество испускает альфа-частицы, которые вылетая из отверстия в свинцовой коробке попадают на фольгу. За фольгой находится экран. Сталкиваясь с экраном альфа-частицы вызывают его свечение (сцинтилляции).

Радиоактивное  
вещество(радий)



Свинцовая  
коробка

Золотая  
фольга

Экран

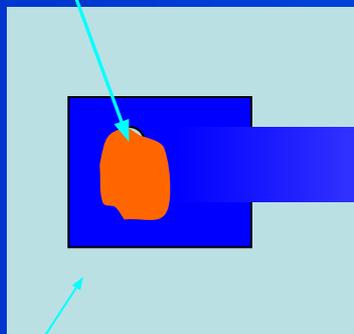
(покрытый  
сульфидом  
цинка)



# Опыт Резерфорда

В опыте Резерфорда, некоторые частицы отклонялись на большой угол. Данное отклонение нельзя было объяснить используя модель атома Томсона

Радиоактивное  
вещество



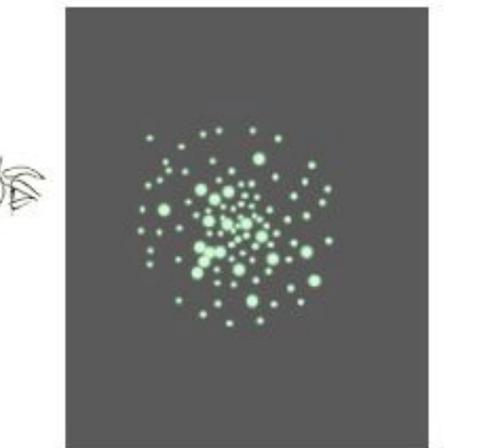
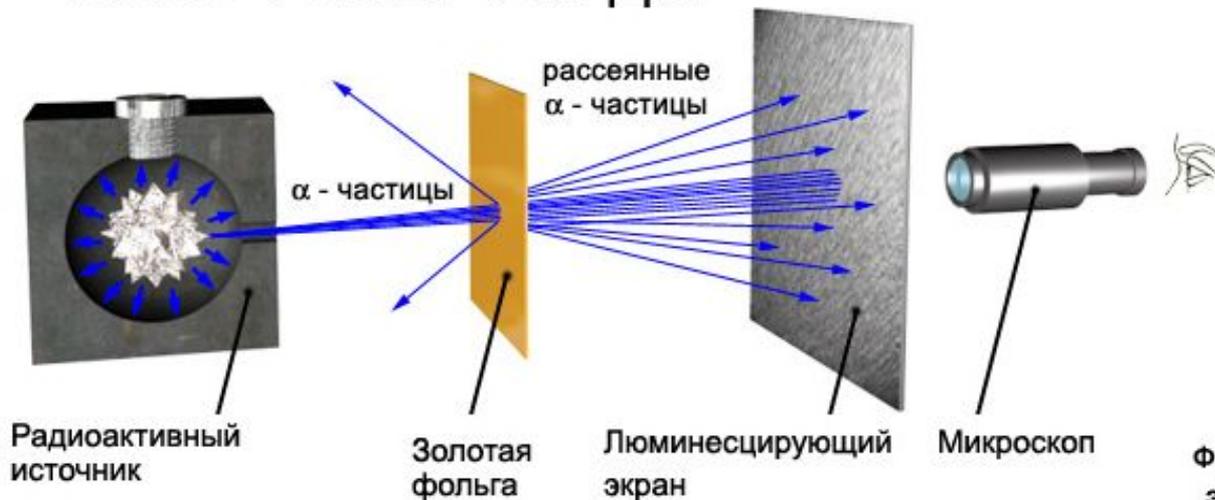
Свинцовая коробка

Фольга

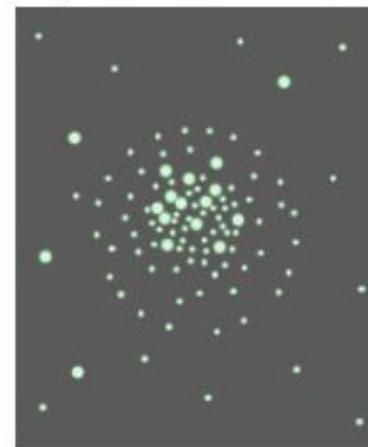
Экран



# ОПЫТ РЕЗЕРФОРДА



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



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

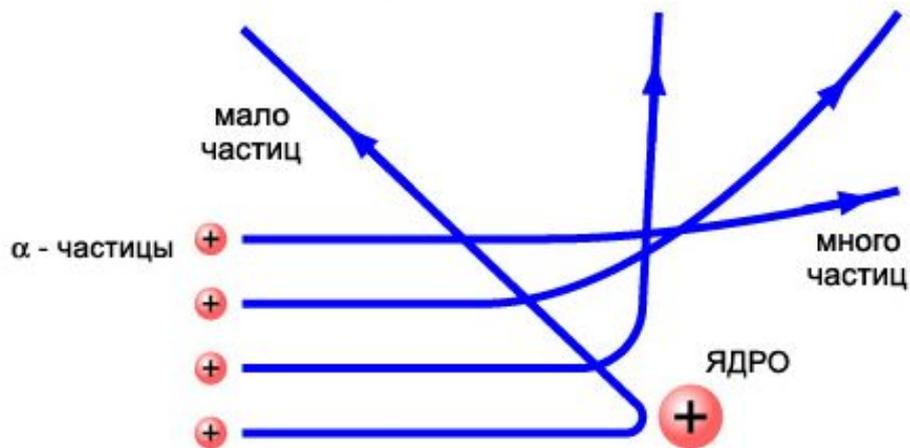
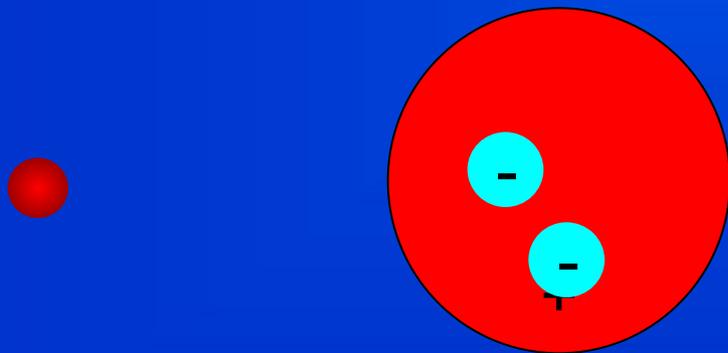


СХЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  $\alpha$  - ЧАСТИЦ С ЯДРОМ

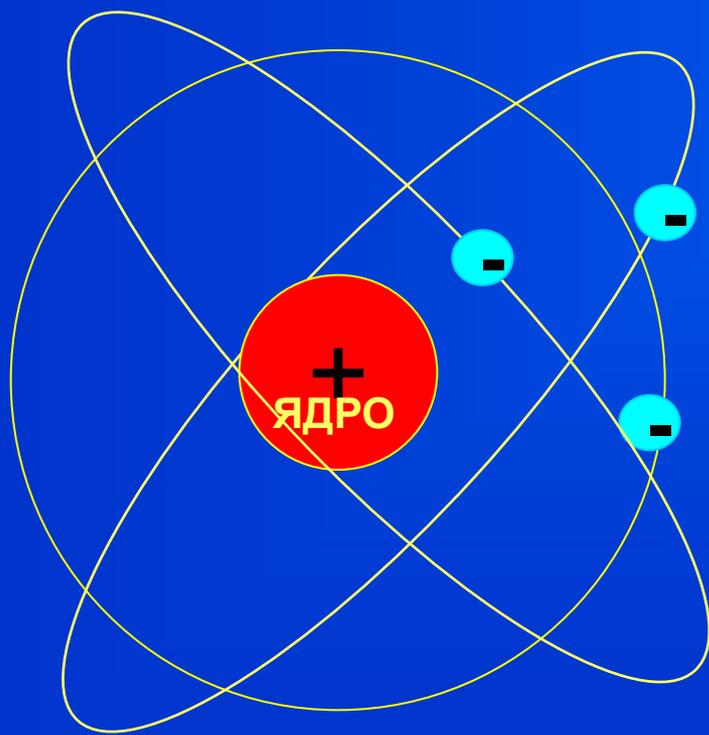
## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

# Предполагаемый результат исходя из модели атома по Томсону

Если рассматривать атом исходя из модели атома по Томсону, то отклонения альфа-частиц на большие углы не должно было наблюдаться. Альфа-частица просто бы пробила «жидкий» атом насквозь.

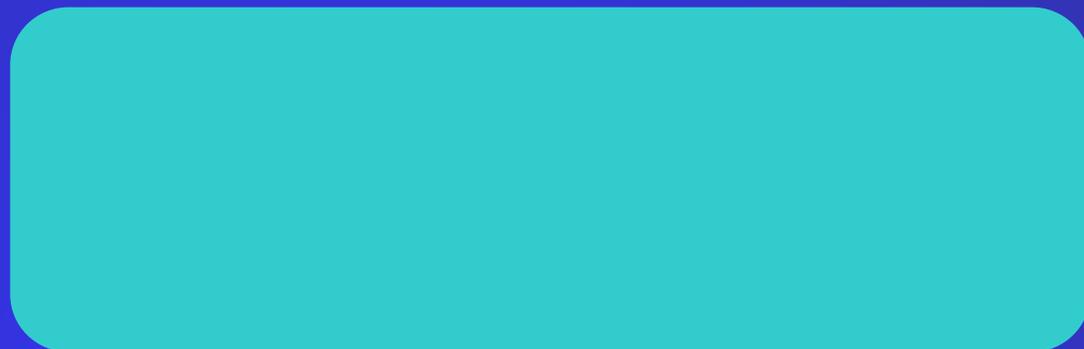


# Предположение Резерфорда

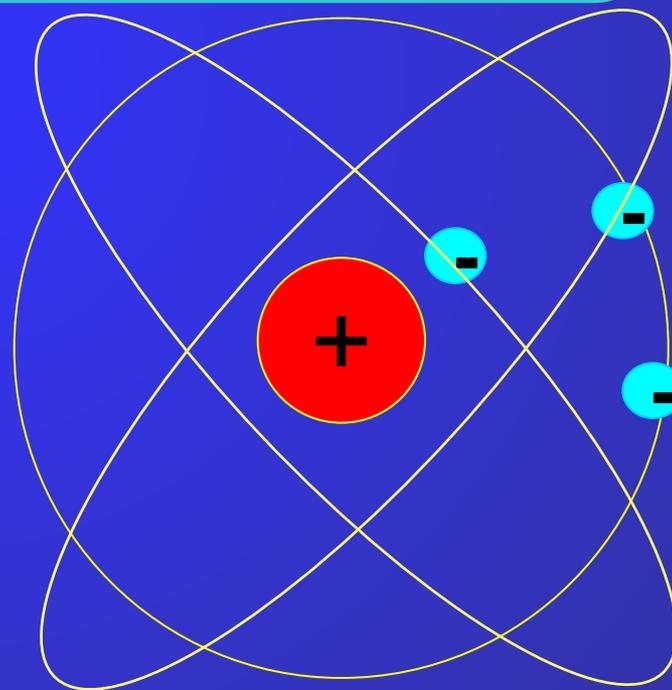


Резерфорд объяснил наблюдаемое явление. По его предположению основная масса атома заключена в малой области – в ядре. Именно эта плотная часть атома при столкновении заставляла тяжелую альфа-частицу изменить своё направление движения. Размеры ядер в десятки и сотни тысяч раз меньше размеров атома. Электроны находятся за пределами ядра.

# Предположение Резерфорда



При столкновении с плотным ядром, альфа-частицы изменяют траекторию своего движения.



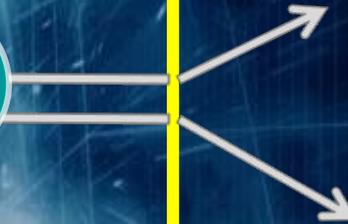
# Наблюдения Резерфорда показали

Большинство альфа-частиц легко проходит через фольгу не отклоняясь



Атом не является сплошным, в нем есть пустоты

Некоторое количество альфа-частиц отклоняется на небольшие углы



В атомах есть отрицательные частицы

Есть альфа-частицы, отклоняющиеся от фольги на углы более  $90^\circ$



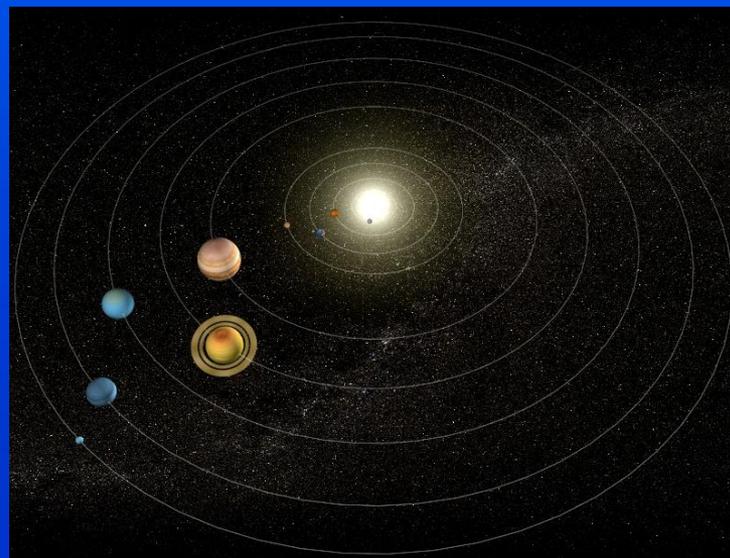
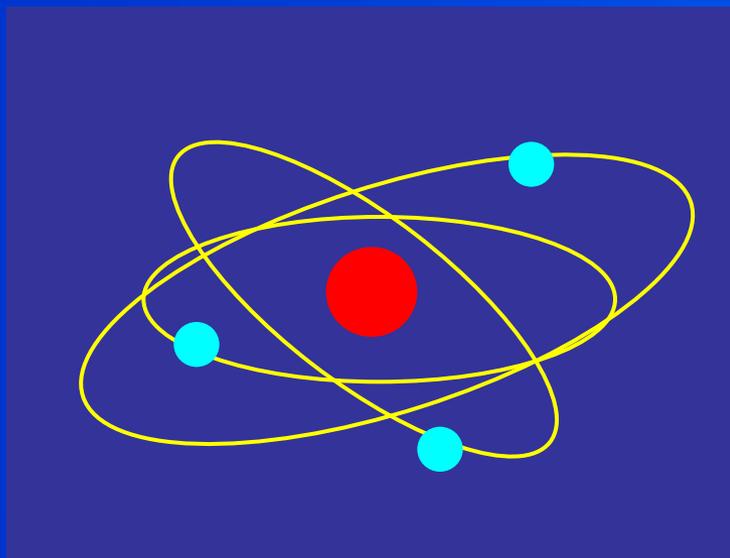
В атоме есть положительные частицы

# Выводы по результатам опыта:

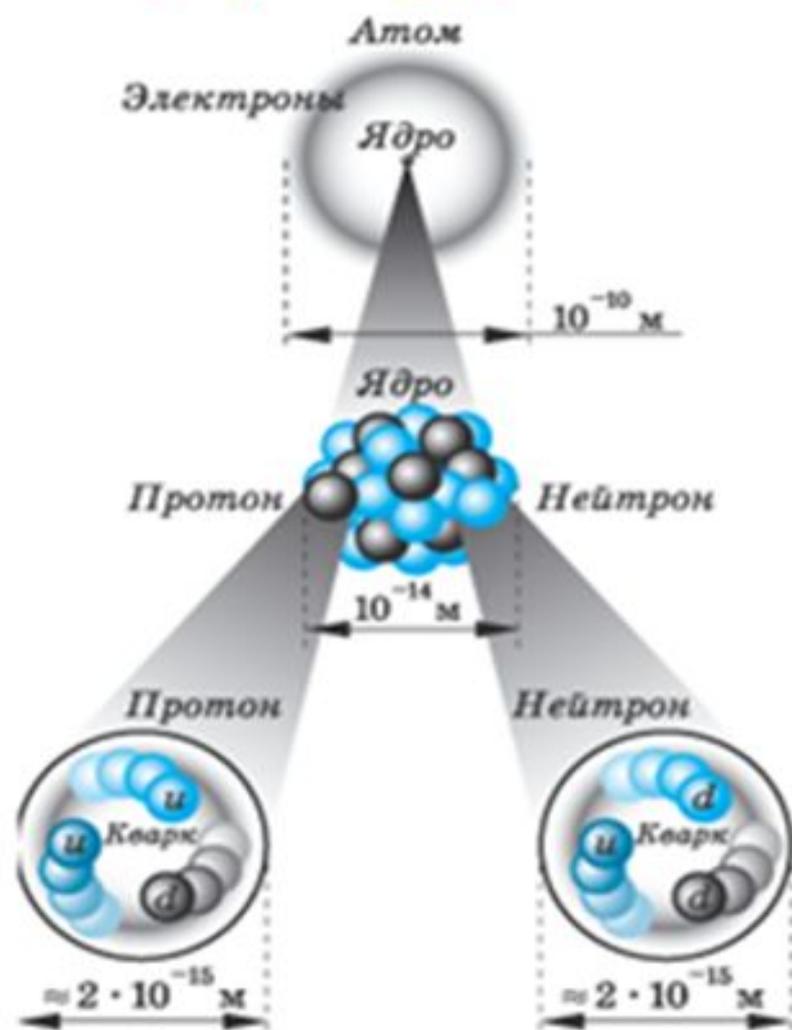


# Атом по Резерфорду

- Из-за некоторого сходства с Солнечной системой, модель атома по Резерфорду называли планетарной моделью. Роль Солнца играло ядро атома, а роль планет играли электроны (проста, но не позволяет объяснить устойчивость атома).



# Структура атома



**Планетарная модель** – модель строения атома, предложенная английским физиком Резерфордом, согласно которой атом так же пуст, как Солнечная система. В центре атома ядро, которое заряжено положительно, и в нем сосредоточена практически вся масса атома. Ядро элемента с порядковым  $Z$  несет заряд, в  $Z$  раз превышающий элементарный, имеет размеры, в десятки тысяч раз меньшие размеров всего атома. Вокруг ядра под действием кулоновских электрических сил обращаются  $Z$  электронов, так что в целом атом нейтрален.



# АТОМ (диаметр $10^{-8}$ см)

**ЯДРО**

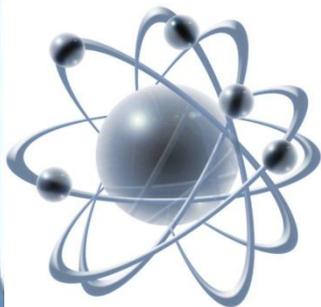
(диаметр  $10^{-12}$ - $10^{-13}$  см)

**ОБОЛОЧКА  
(ЭЛЕКТРОНЫ)**

**НУКЛОНЫ**

**ПРОТОНЫ**

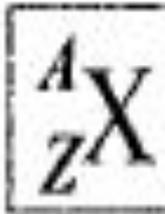
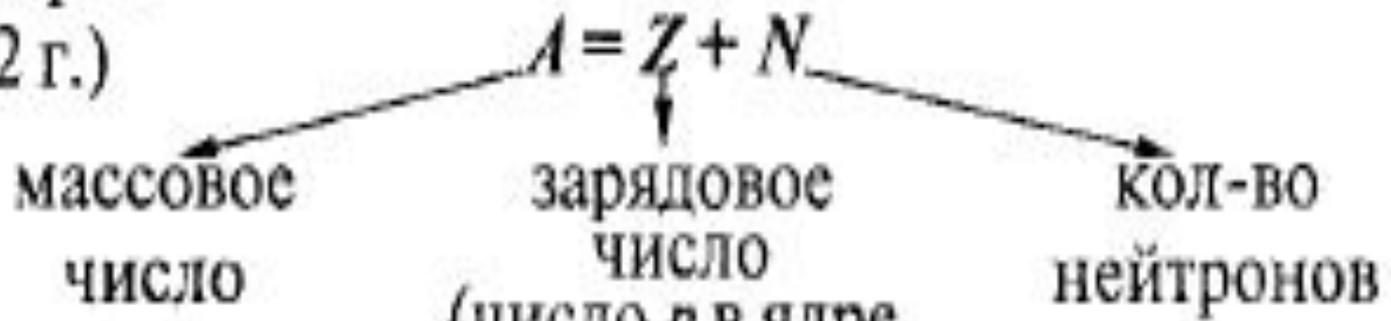
**НЕЙТРОНЫ**



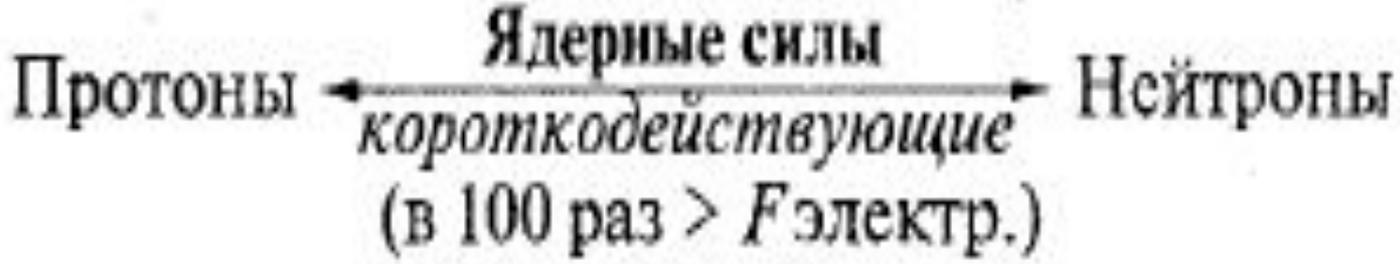
### Состав атомного ядра

Д. Иваненко  
В. Гейзенберг  
(1932 г.)

Ядро = Нуклоны = Протоны + Нейтроны



(число  $p$  в ядре,  
№ в табл. Менделеева)



### Изотопы

*разновидности данного хим. элемента, различающиеся по массе атомных ядер*

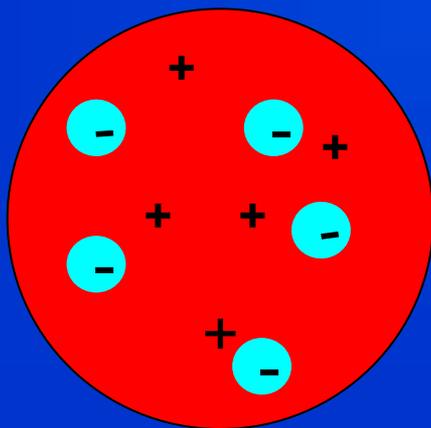
${}^1_1\text{H}$  – протий  
(1 –  $p$ , 0 –  $n$ )

${}^2_1\text{H}$  – дейтерий  
(1 –  $p$ , 1 –  $n$ )

${}^3_1\text{H}$  – тритий  
(1 –  $p$ , 2 –  $n$ )

# Итог

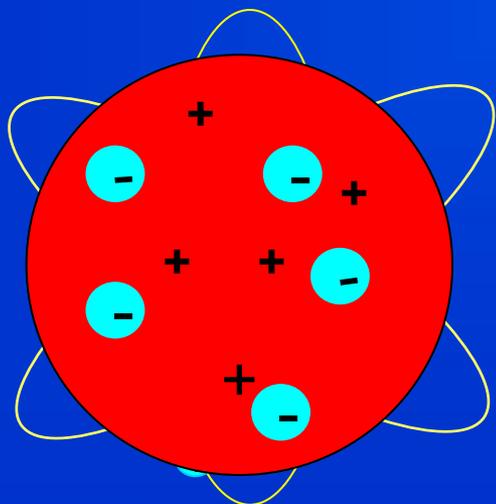
В начале XX века были рассмотрены две модели атомов. Первая модель была разработана Дж. Томсоном и представляла собой «жидкую» положительно заряженную субстанцию с вкраплением отрицательных электронов. Данная модель напоминает кекс с изюмом, где роль изюминок играют электроны.



# Итог

В начале XX века были рассмотрены две модели атомов. Первая модель была разработана Дж. Томсоном и представляла собой «жидкую» положительно заряженную субстанцию с вкраплением отрицательных электронов. Данная модель напоминает кекс с изюмом, где роль изюминок играют электроны.

После опытов по рассеянию альфа-частиц на различных веществах Э. Резерфорд пришел к ядерной (планетарной) модели атома, где электроны вращались по орбитам вокруг ядра.



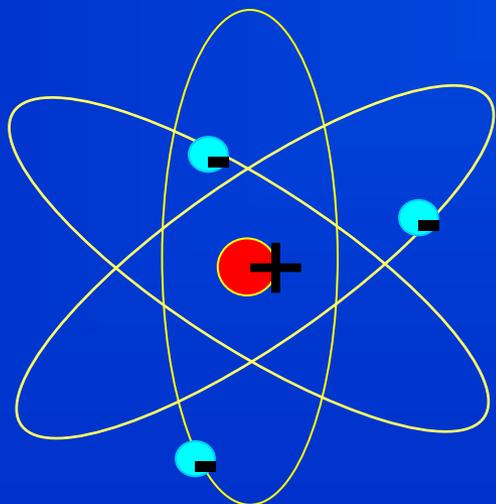
# Итог

Исходя из планетарной модели атома:

Большая часть массы атома сосредоточена в ядре.

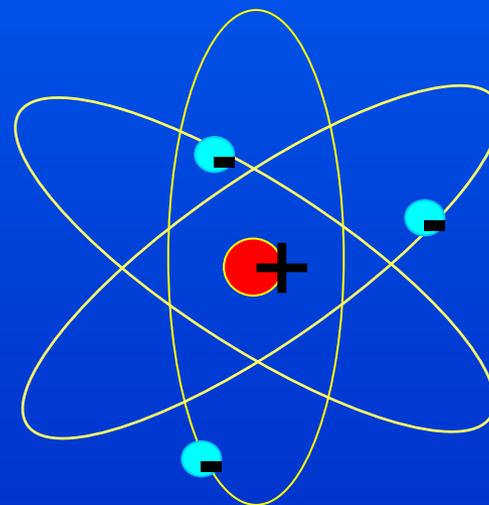
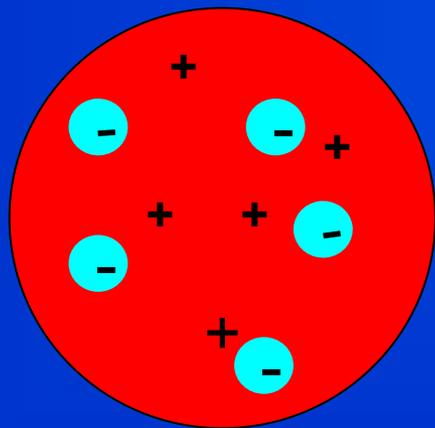
Линейный размер ядра в 10-100 тысяч раз меньше линейных размеров атома.

Эта модель проста, обоснована экспериментально, но не позволяет объяснить устойчивость атомов.



# Итог

Из двух представленных моделей для дальнейшего разбора и изучения выберем планетарную модель Резерфорда как наиболее верную.



# Недостатки атома Резерфорда

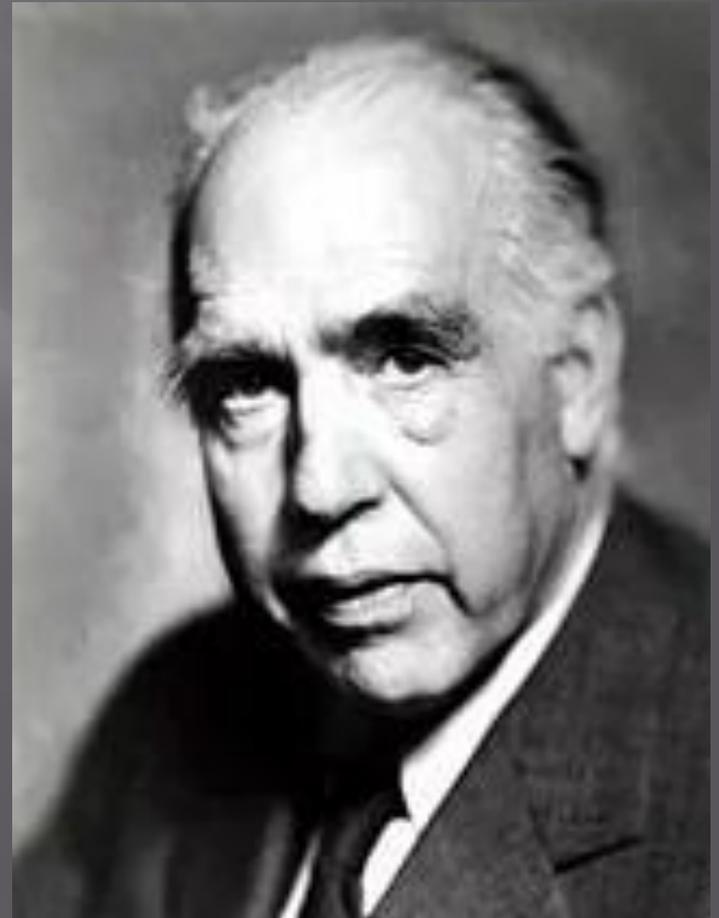
- 1. Эта модель не согласуется с наблюдаемой стабильностью атомов.** По законам классической электродинамики вращающийся вокруг ядра электрон должен **непрерывно** излучать электромагнитные волны, а поэтому терять свою энергию. В результате электроны будут приближаться к ядру и в конце концов упадут на него.
- 2. Эта модель не объясняет наблюдаемые на опыте оптические спектры атомов.** Оптические спектры атомов не непрерывны, как это следует из теории Резерфорда, а состоят из узких спектральных линий, т.е. атомы излучают и поглощают электромагнитные волны лишь определенных частот, характерных для данного химического элемента.



**К явлениям атомных масштабов законы классической физики неприменимы.**

# Нильс Бор

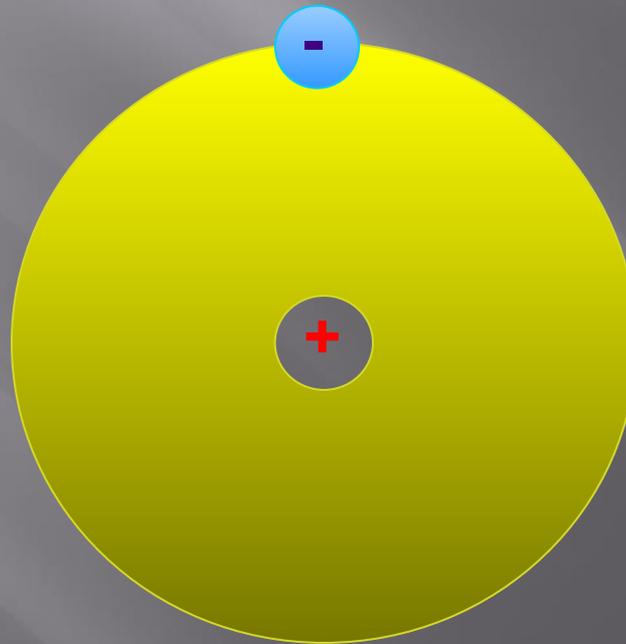
1913 год  
Квантовая  
теория  
атома



# I ПОСТУЛАТ БОРА

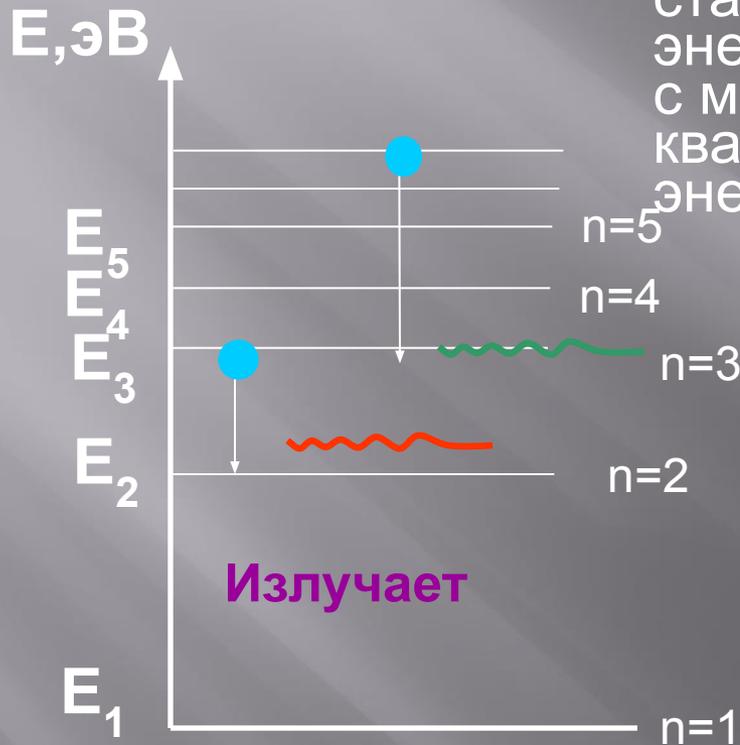
Атомная система может находиться только в особых стационарных квантовых состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия  $E_n$ .

В стационарных состояниях атом не излучает.



## II ПОСТУЛАТ БОРА

При переходе атома из стационарного состояния с большей энергией  $E_n$  в стационарное состояние с меньшей энергией  $E_m$  излучается квант, энергия которого равна разности энергий стационарных состояний:



$$h\nu_{nm} = E_n - E_m$$

$h$  – постоянная Планка

Частота излучения

$$\nu_{nm} = \frac{E_n - E_m}{h}$$



$n$  – номер квантового состояния (1,2,3, .....

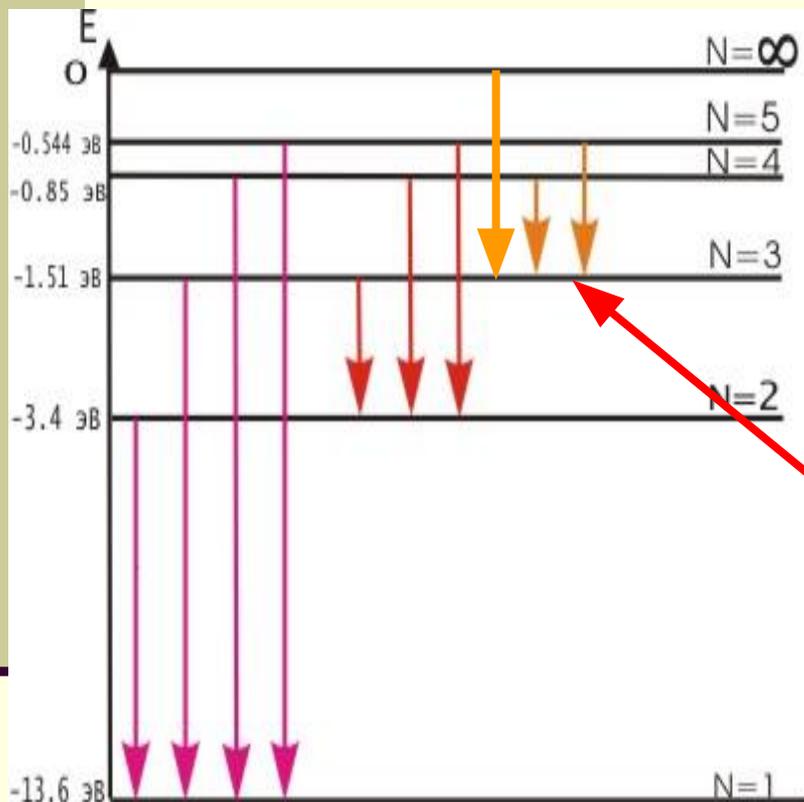
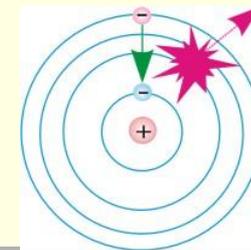
Энергетический уровень – каждое значение энергии, которой обладает атом в том или ином стационарном состоянии.

Чем больше  $n$ , тем дальше от ядра находится электрон и тем выше его энергетический уровень

Когда атом  
переходит с  
более высокого  
на более низкий  
уровень, то  
происходит  
ИЗЛУЧЕНИЕ  
(ИСПУСКАНИЕ)  
кванта света  
( $E_3 \rightarrow E_2$ ,  $E_4 \rightarrow E_2 \dots$ )

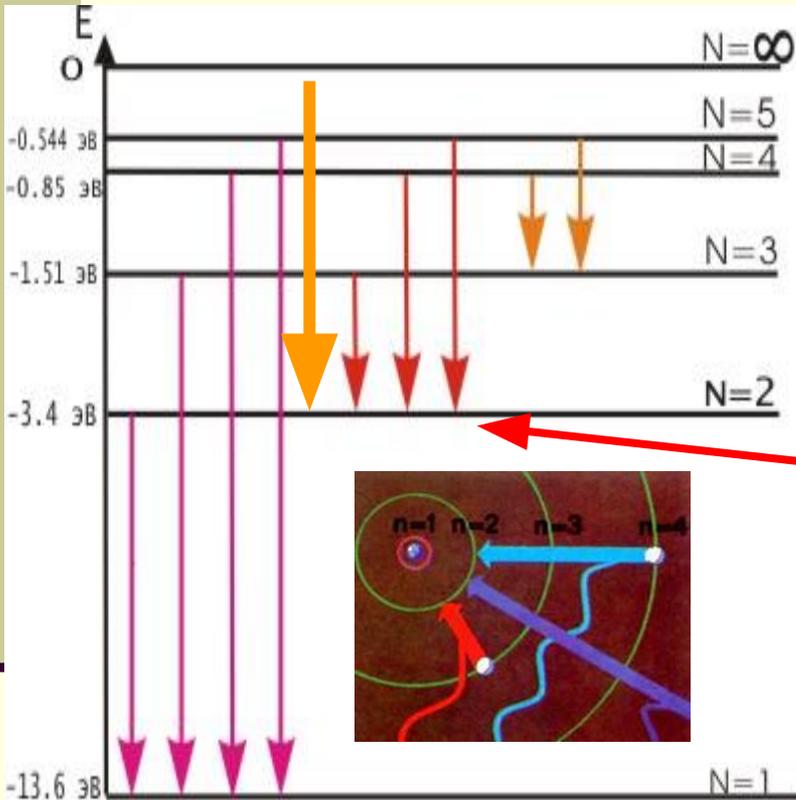
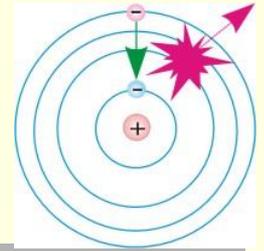
При ПОГЛОЩЕНИИ,  
наоборот,  
падающий на этом  
квант переводит  
атом из состояния с  
меньшей в  
состояние с  
большей энергией

# СЕРИЯ ПАШЕНА- ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ



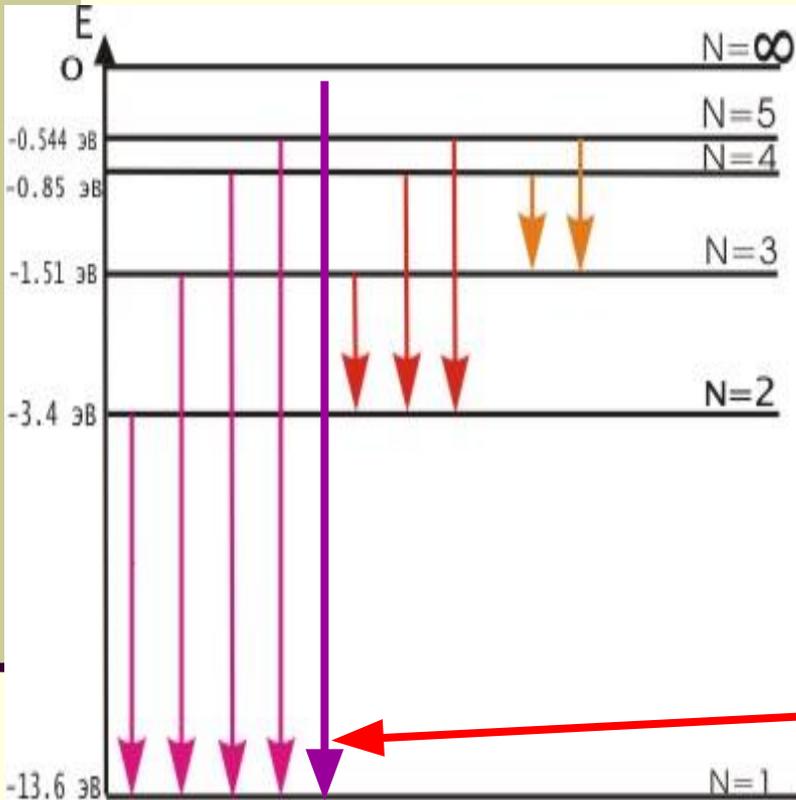
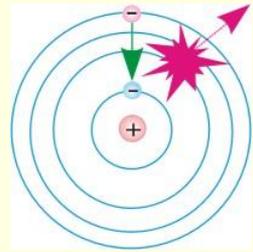
Если атом водорода переходит из более высоких энергетических состояний - в третьем: излучение света происходит в инфракрасном диапазоне частот;

# СЕРИЯ БАЛЬМЕРА- ВИДИМЫЙ СВЕТ



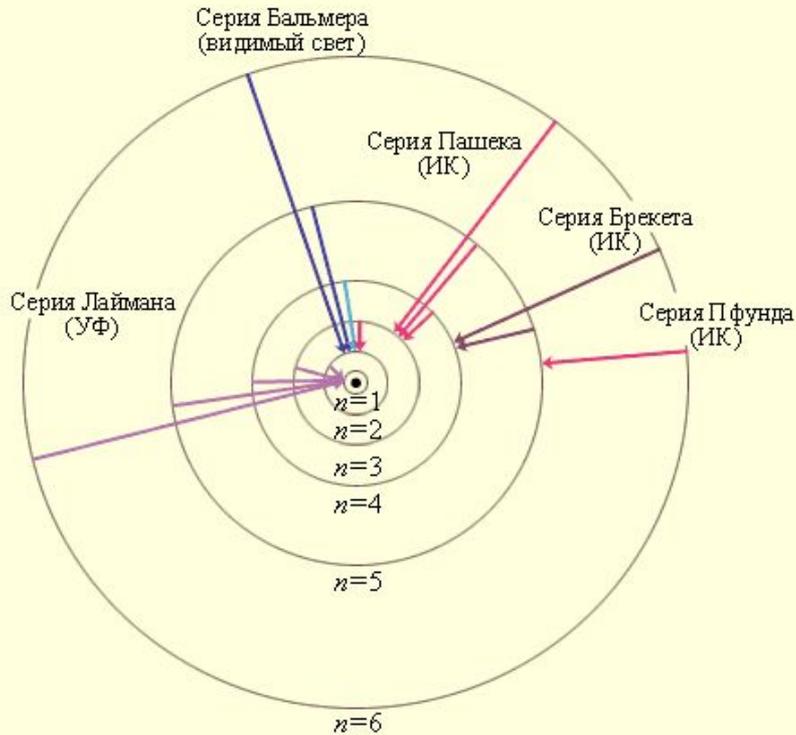
Если атом водорода переходит из более высоких энергетических состояний - во второе - излучение света происходит в видимом диапазоне;

# СЕРИЯ ЛАЙМАНА УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

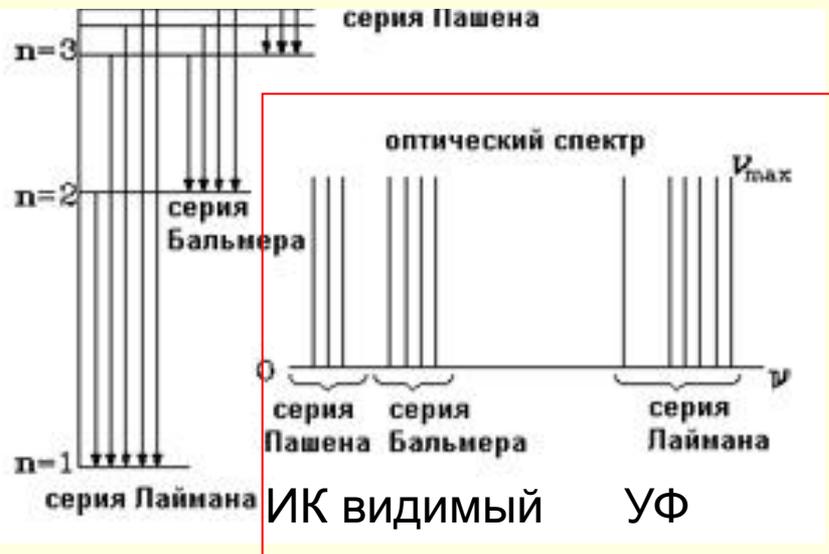


Если атом водорода переходит из более высоких энергетических состояний - в первое - излучение света происходит в ультрафиолетовом диапазоне.

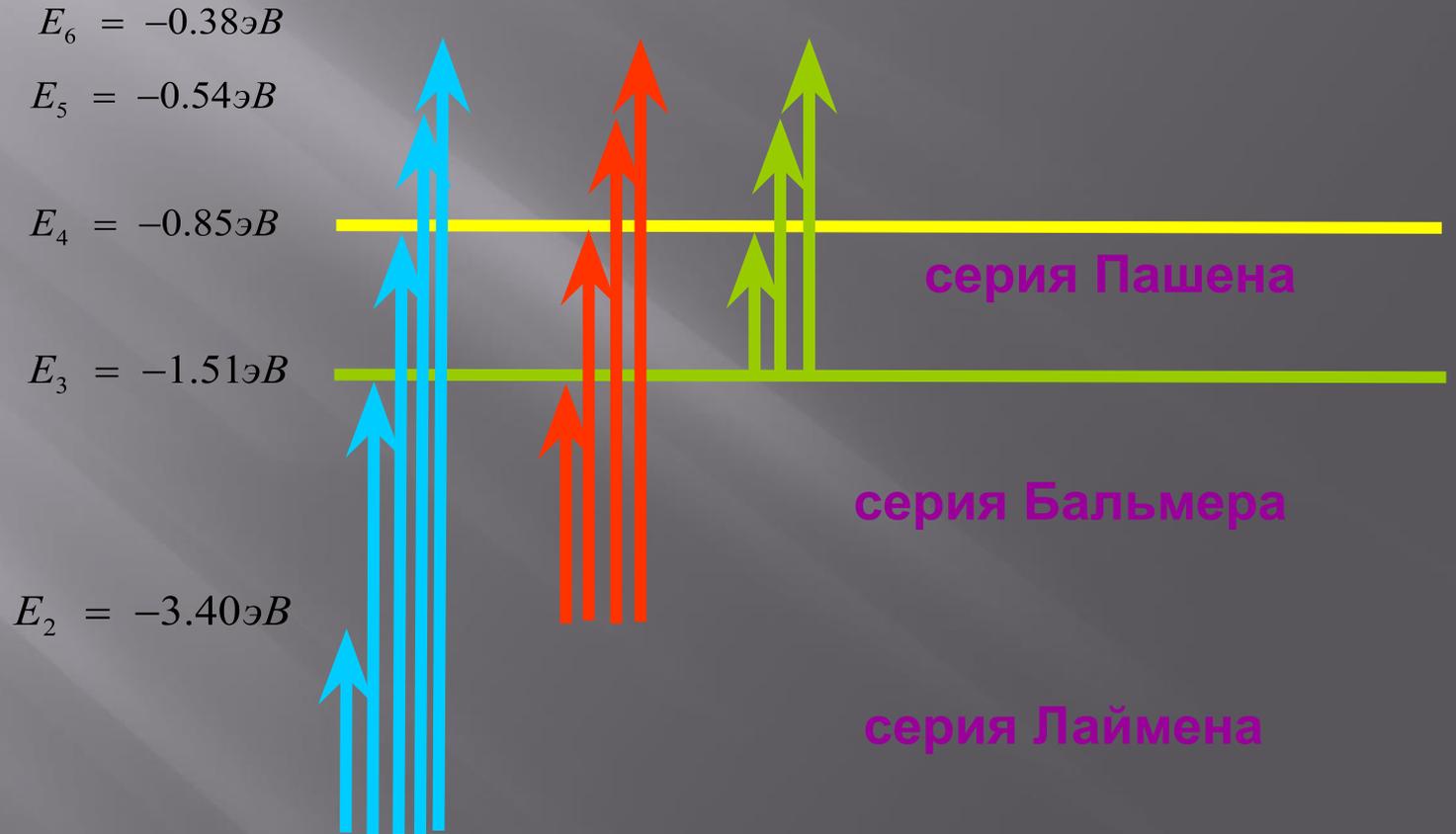
# ПОСТУЛАТЫ БОРА



Если атом переходит в одно из возбужденных состояний, долго оставаться там он не может: атом самопроизвольно (спонтанно) переходит в основное состояние.

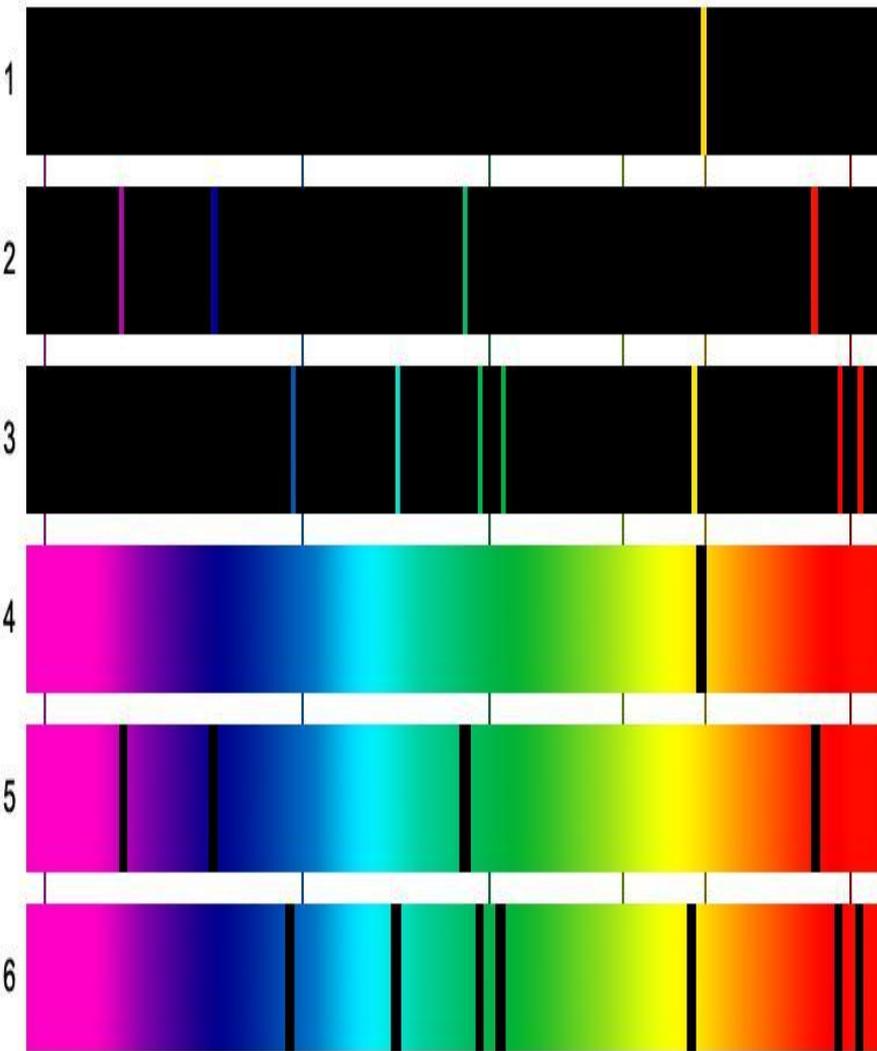


# Вид энергетических уровней (поглощение кванта)



# спектры излучения (рис.5 –цветная вклейка)

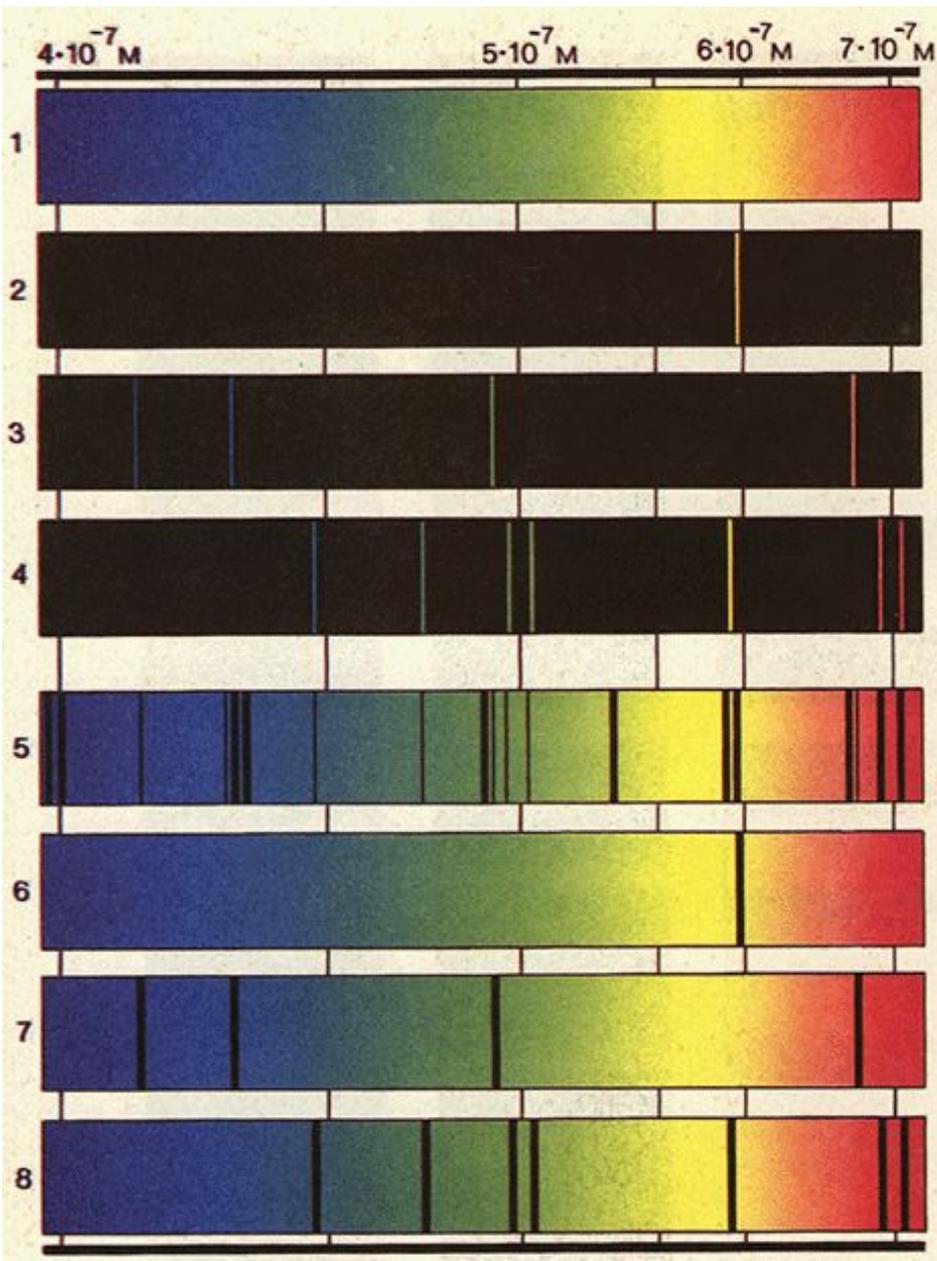
Спектр нагретого вещества в газообразном состоянии состоит из узких линий разного цвета. Такой спектр называется **линейчатым спектром излучения**. Для получения такого спектра используют *дуговой или искровой разряд*. Линейчатый спектр излучения у каждого химического элемента свой, не совпадающий со спектром другого химического элемента.



Спектры испускания: 1 - натрия; 2 - водорода; 3 - гелия.

Спектры поглощения: 4 - натрия; 5 - водорода; 6 - гелия.

## СПЕКТРЫ ИСПУСКАНИЯ



1-сплошной

2-натрия

3-водорода

4-гелия

## СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ

5-солнечный

6-натрия

7-водорода

8-гелия



---

Свои постулаты Бор применил для объяснения излучения и поглощения света *атомом водорода*.

# Недостатки теории Бора

- 1. Не смогла объяснить интенсивность спектральных линий.**
- 2. Справедлива только для водородоподобных атомов и не работает для атомов, следующих за ним в таблице Менделеева.**
- 3. Теория Бора логически противоречива: не является ни классической, ни квантовой. В системе двух уравнений, лежащих в её основе, одно — уравнение движения электрона — классическое, другое — уравнение квантования орбит — квантовое.**