

# Квантовые постулаты Бора

Физика  
11 класс



Вперед

Сторонники атомистической теории рассматривали атом как мельчайшую неделимую частицу и считали, что все многообразие мира есть не что иное, как сочетание неизменных частиц – атомов.

(Демокрит (Демокрит «существует предел деления атома», Аристотель « делимость вещества бесконечна»)

В XVIII веке трудами А. Лавуазье В XVIII веке трудами А. Лавуазье, М. В. Ломоносова была доказана реальность существования неделимой частицы - атома.

В 1833 году при исследовании явления электролиза М. Фарадей установил, что ток в растворе электролита - это упорядоченное движение заряженных частиц – ионов. Фарадей определил минимальный заряд иона, который был назван элементарным электрическим зарядом. Его приближенное значение оказалось равным  $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$  Кл.

В 1869 году Д. И. Менделеев разработал периодическую систему элементов, в которой впервые был поставлен вопрос о единой природе атомов.

1879 год - открытие катодных лучей.

В начале XIX века были открыты дискретные спектральные линии в излучении атомов водорода в видимой части спектра. Впоследствии, в 1885 г., И. Бальмером были установлены математические закономерности, связывающие длины волн этих линий.

1895 год - открытие рентгеновских лучей.

В 1896 году А. Беккерель В 1896 году А. Беккерель обнаружил явление испускания атомами невидимых проникающих излучений, названное радиоактивностью.

Учеными М. Склодовская-Кюри Учеными М. Склодовская-Кюри, П. Кюри Учеными М. Склодовская-Кюри, П. Кюри, Э. Резерфорд было обнаружено, что атомы радиоактивных веществ испускают три вида излучений различной физической природы (альфа-, бета- и гамма-лучи).

В 1897 году Дж. Томсон открыл электрон и измерил отношение  $e/m$  заряда электрона к массе. Опыты Томсона подтвердили вывод о том, что электроны входят в состав атомов.

Таким образом, на основании всех известных к началу XX века экспериментальных фактов можно было сделать вывод о том, что атомы вещества имеют сложное внутреннее строение. Они представляют собой электронейтральные системы, причем носителями отрицательного заряда атомов являются легкие электроны, масса которых составляет лишь малую долю массы атомов. Основная часть массы атомов связана с положительным зарядом.

Перед наукой встал вопрос о внутреннем строении атомов.

Вернуться назад

Вперед

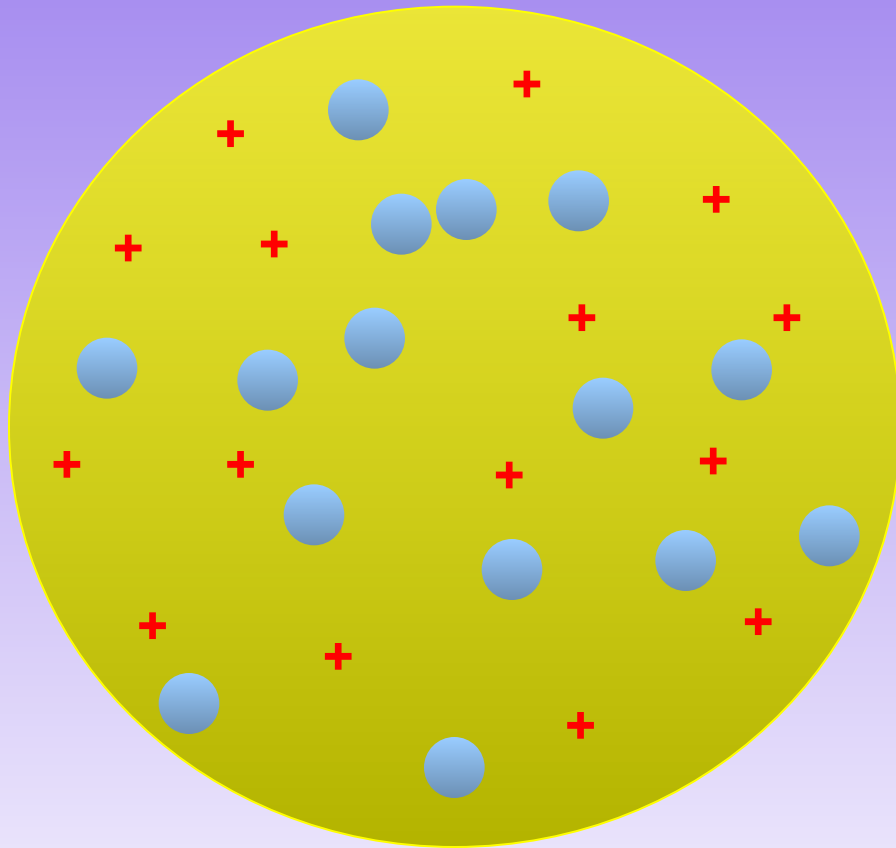


## Бальмер (Balmer) Иоганн Якоб (1825–1898)

Швейцарский физик и математик. Родился в Лозанне. Учился в Базеле, Карлсруэ, Берлине. В 1849 получил степень доктора в Базельском университете. С 1859 преподавал в средней школе и в 1865–90 – в Базельском университете. Физические работы в области спектроскопии. Обнаружил закономерность в спектральных линиях атома водорода, показав в 1885, что длины волн линий видимой части спектра атома водорода связаны между собой простой зависимостью (формула Бальмера), которая дает возможность определить длины волн всех линий этой водородной серии (серия Бальмера). Это открытие послужило толчком для обнаружения других серий в спектре атома водорода – серий Лаймана, Пашена, Брэкетта и Пфунда. Был пионером в изучении структуры **атома**.

[Вернуться назад](#)

# Модель Томсона



Дж. Томсон в 1898 году предложил модель атома в виде положительно заряженного шара радиусом  $10^{-10}$  м, в котором плавают электроны, нейтрализующие положительный заряд.

● - электрон

Вернуться назад

Вперед

# Опыт Резерфорда



Первой экспериментально обоснованной моделью строения атома была планетарная модель Эрнеста Резерфорда, создать которую ему помог специально проведенный опыт. Поток  $\alpha$ -частиц, излучаемых радиоактивным источником через узкую щель направлялся на тонкую золотую фольгу. Регистрация  $\alpha$ -частиц проводилась при помощи флюоресцирующего экрана. В отсутствии фольги  $\alpha$ -частицы двигались узким пучком, вызывая на экране яркую вспышку.

Вперед

# Рассеивание $\alpha$ - частиц

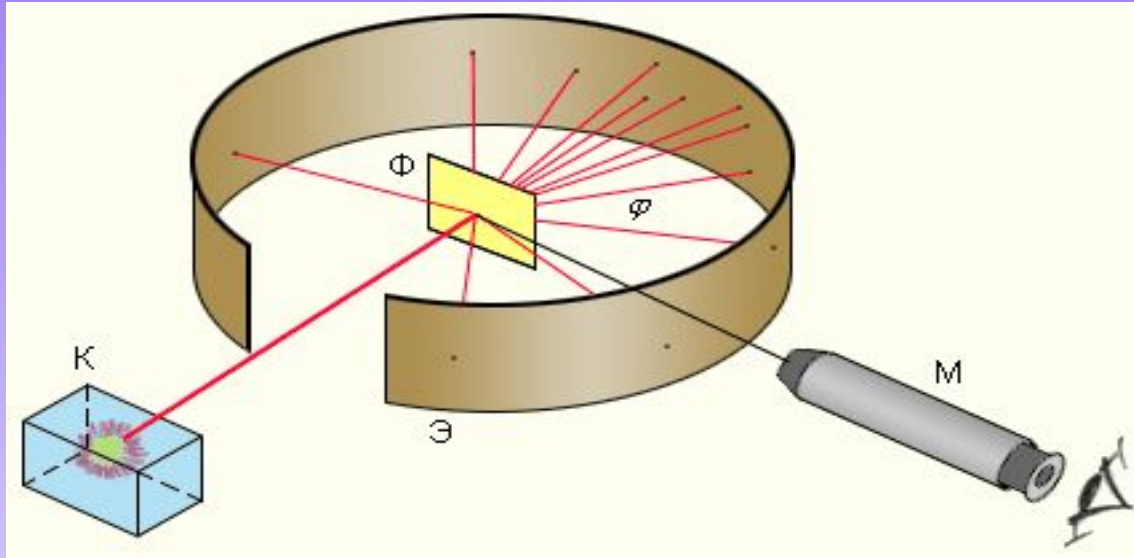


Когда на их пути помещали фольгу, то происходило в основном их слабое рассеивание. Однако, было обнаружено, что отдельные  $\alpha$ -частицы могут отскакивать от фольги, вызывая свечение дополнительных экранов, помещенных в различных участках пространства до основного экрана.

[Вернуться назад](#)

[Вперед](#)

# Схема опыта Резерфорда



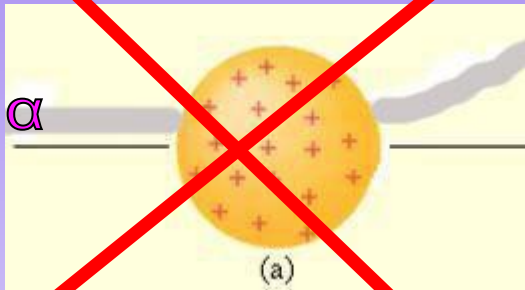
**К** – свинцовый контейнер с радиоактивным веществом  
**Ф** – золотая фольга  
**Э** – экран, покрытый сернистым цинком  
**М** – микроскоп

Вернуться назад

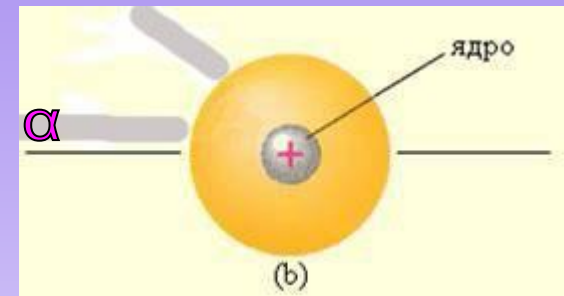
Вперед

# Рассеяние $\alpha$ -частицы в атоме Томсона и в атоме Резерфорда

Атом Томсона



Атом Резерфорда



1. Большинство альфа - частиц отклоняются от прямолинейного пути на углы не более  $1-2^\circ$
2. Небольшая часть альфа – частиц испытывала отклонение на значительно большие углы
3. В среднем одна из 8000 альфа- частиц рассеивается в направлении, обратном направлению первоначального движения

Вернуться назад

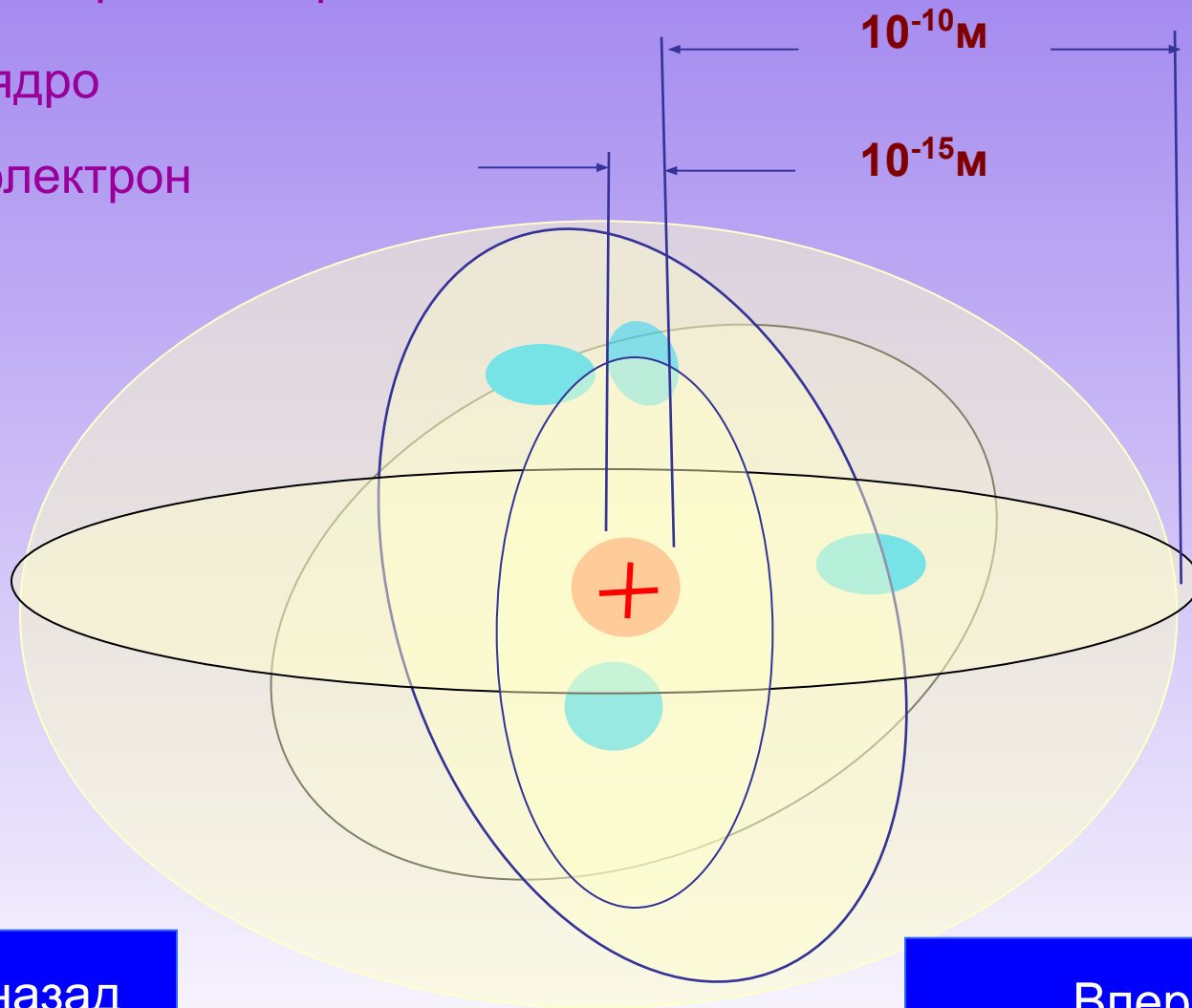
Вперед

# Планетарная модель атома Резерфорда.

 электронные орбиты

 ядро

 электрон



[Вернуться назад](#)

[Вперед](#)



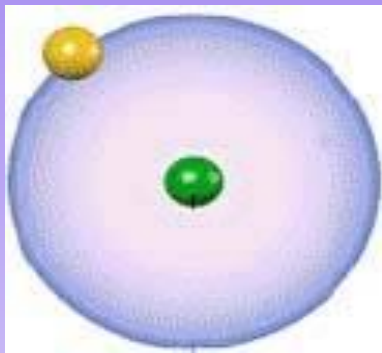
## Резерфорд (Rutherford) Эрнст (30.VIII.1871–19.X.1937)

Английский физик. Один из основателей учения о радиоактивности, ядерной физики и представлений о строении атомов. Совместно с Ф. Содди дал четкую формулировку (1903) закона радиоактивных превращений, выразив его в математической форме, и ввел понятие «период полураспада». Изучил рассеяние  $\alpha$ -частиц атомами различных элементов и предложил (1911) планетарную (ядерную) модель атома. Бомбардировал (1919)  $\alpha$ -частицами атомы азота, осуществив первое искусственное превращение элементов (азота в кислород). Предложил называть ядро атома водорода протоном. Нобелевская премия по физике (1908).

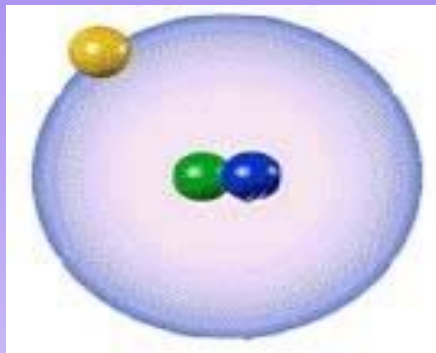
[Вернуться назад](#)

# Модели атомов водорода

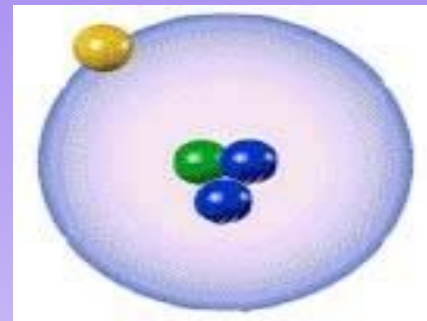
Водород (H)



Дейтерий (D)



Тритий (T)



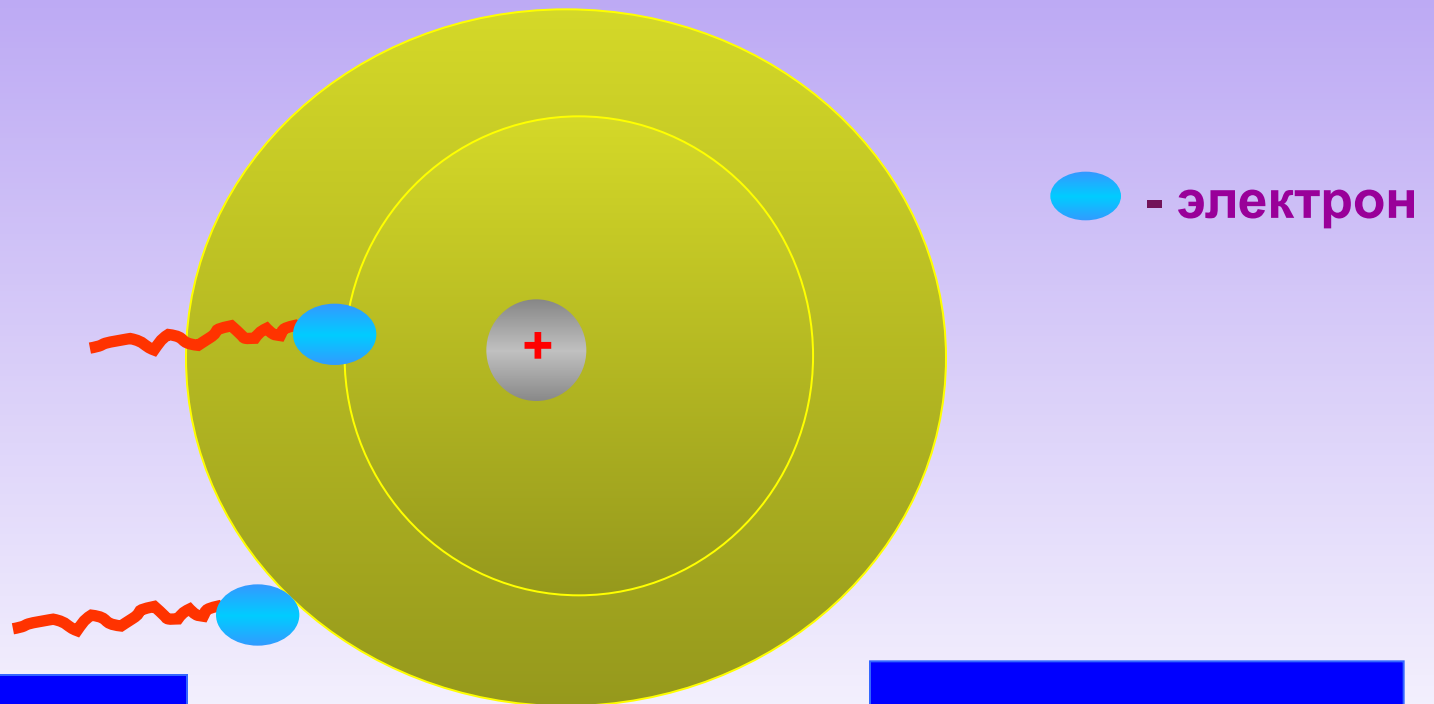
Атомы одного элемента, имеющие одинаковое число протонов, но разное число нейтронов, называются изотопами. Химические свойства таких атомов одинаковы, но они различны по некоторым физическим свойствам.

В 1961 году изотоп  $^{12}\text{C}$  был выбран в качестве международного стандарта атомной массы.

Вперед

По законам классической электродинамики движущийся с ускорением заряд должен излучать электромагнитные волны, уносящие энергию. За короткое время (порядка  $10^{-8}$  с) все электроны в атоме Резерфорда должны растратить всю свою энергию и упасть на ядро.

То, что этого не происходит в устойчивых состояниях атома, показывает, что внутренние процессы в атоме не подчиняются классическим законам.



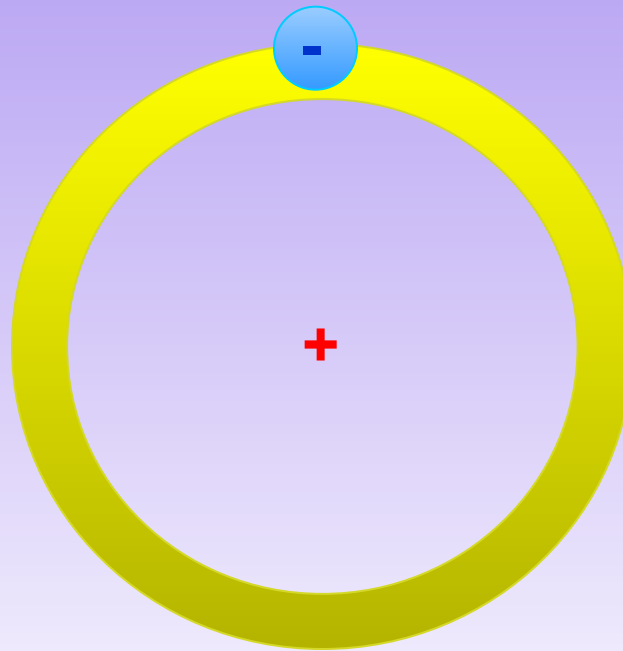
Вернуться назад

Вперед

# I ПОСТУЛАТ БОРА

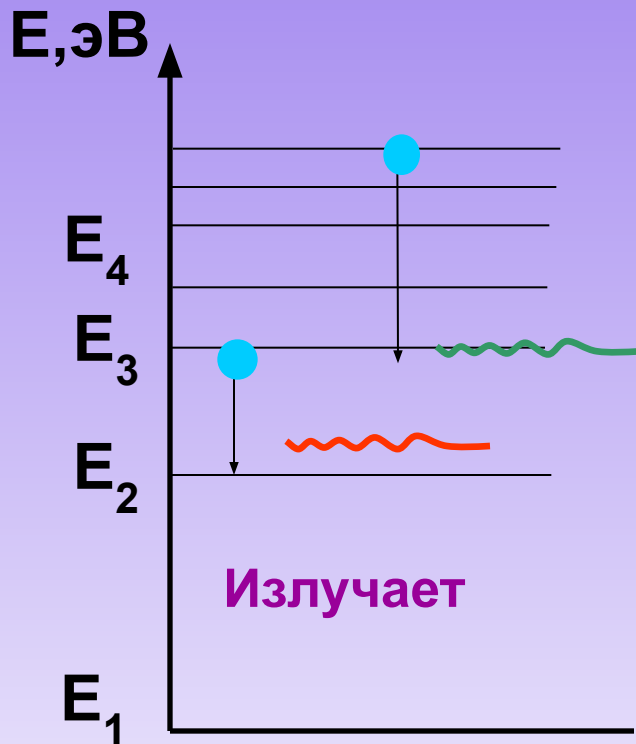
Атомная система может находиться только в особых стационарных квантовых состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия  $E_n$ .

В стационарных состояниях атом не излучает.



Вперед

## II ПОСТУЛАТ БОРА



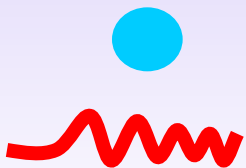
При переходе атома из стационарного состояния с большей энергией  $E_n$  в стационарное состояние с меньшей энергией  $E_m$  излучается квант, энергия которого равна разности энергий стационарных состояний:

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

$h$  – постоянная Планка

Частота излучения

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



электрон

квант

Вернуться назад

Вперед

## II ПОСТУЛАТ БОРА

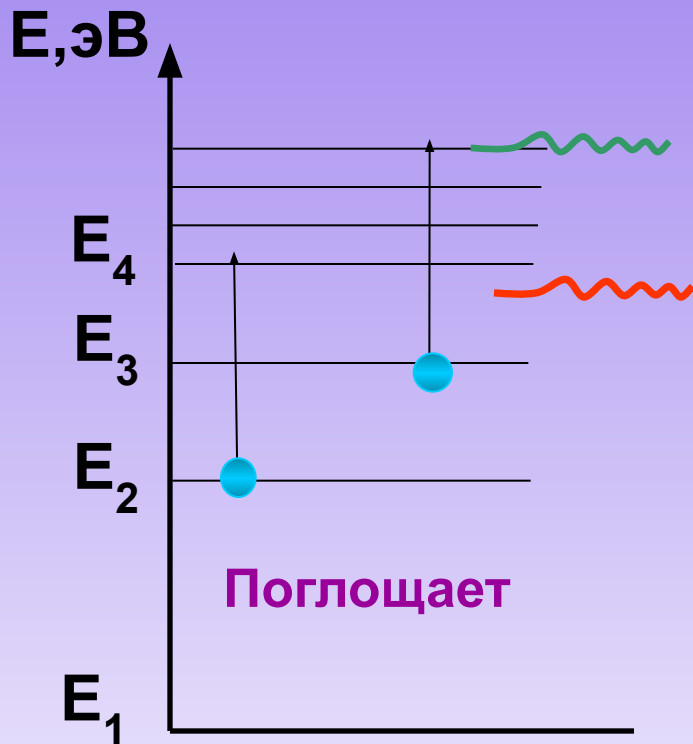
При переходе атома из стационарного состояния с меньшей энергией  $E_n$  в стационарное состояние с большей энергией  $E_m$  поглощается квант, энергия которого равна разности энергий стационарных состояний:

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

$h$  – постоянная Планка

Частота излучения

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



электрон

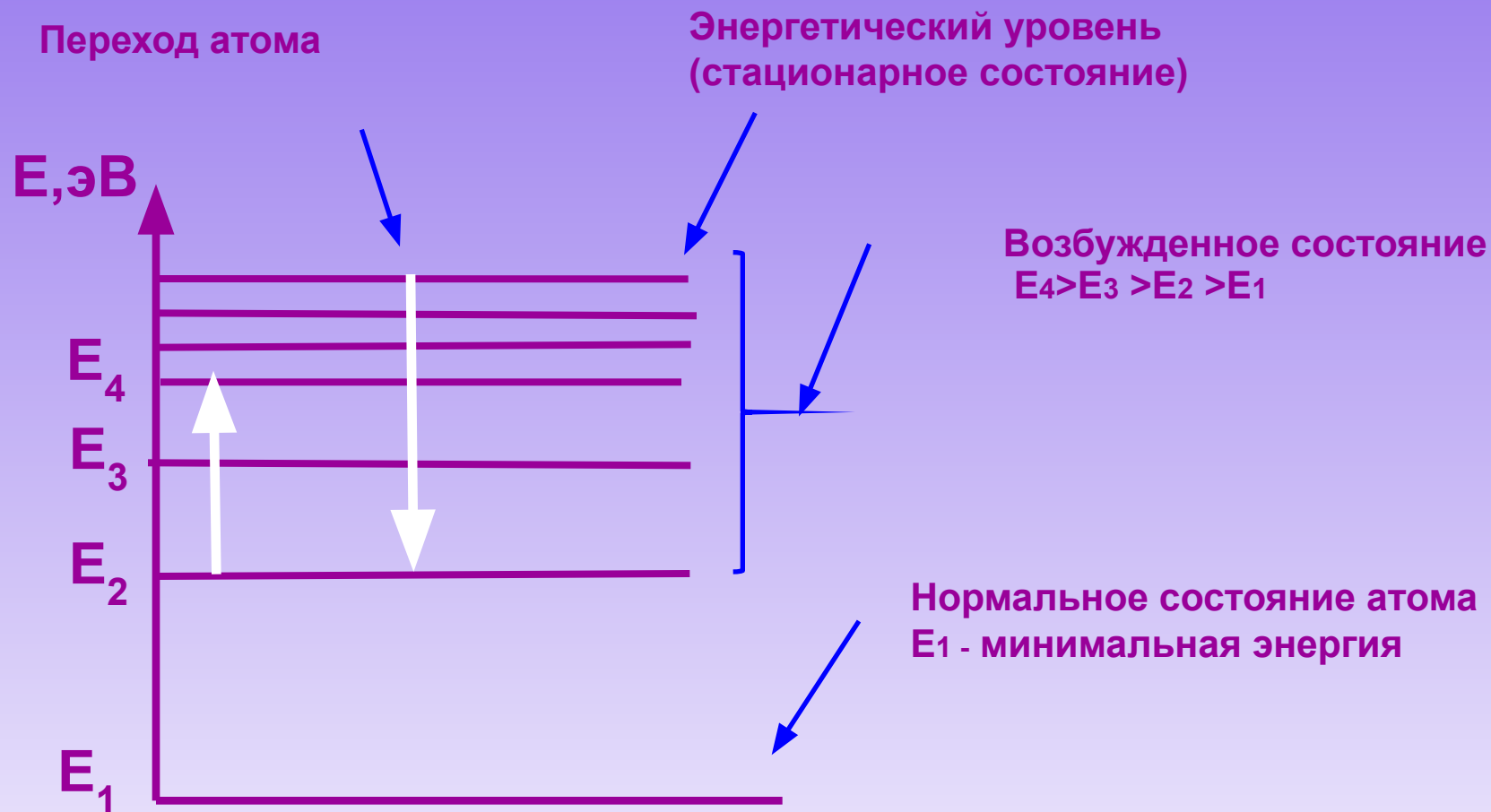


квант

Вернуться назад

Вперед

# Энергетические диаграммы



Вернуться назад

Вперед

# Правило квантования Бора

В стационарном состоянии атома электрон, двигаясь по круговой орбите, должен иметь дискретные, квантованные значения момента импульса

$$m_e v r_n = n \frac{h}{2\pi} \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

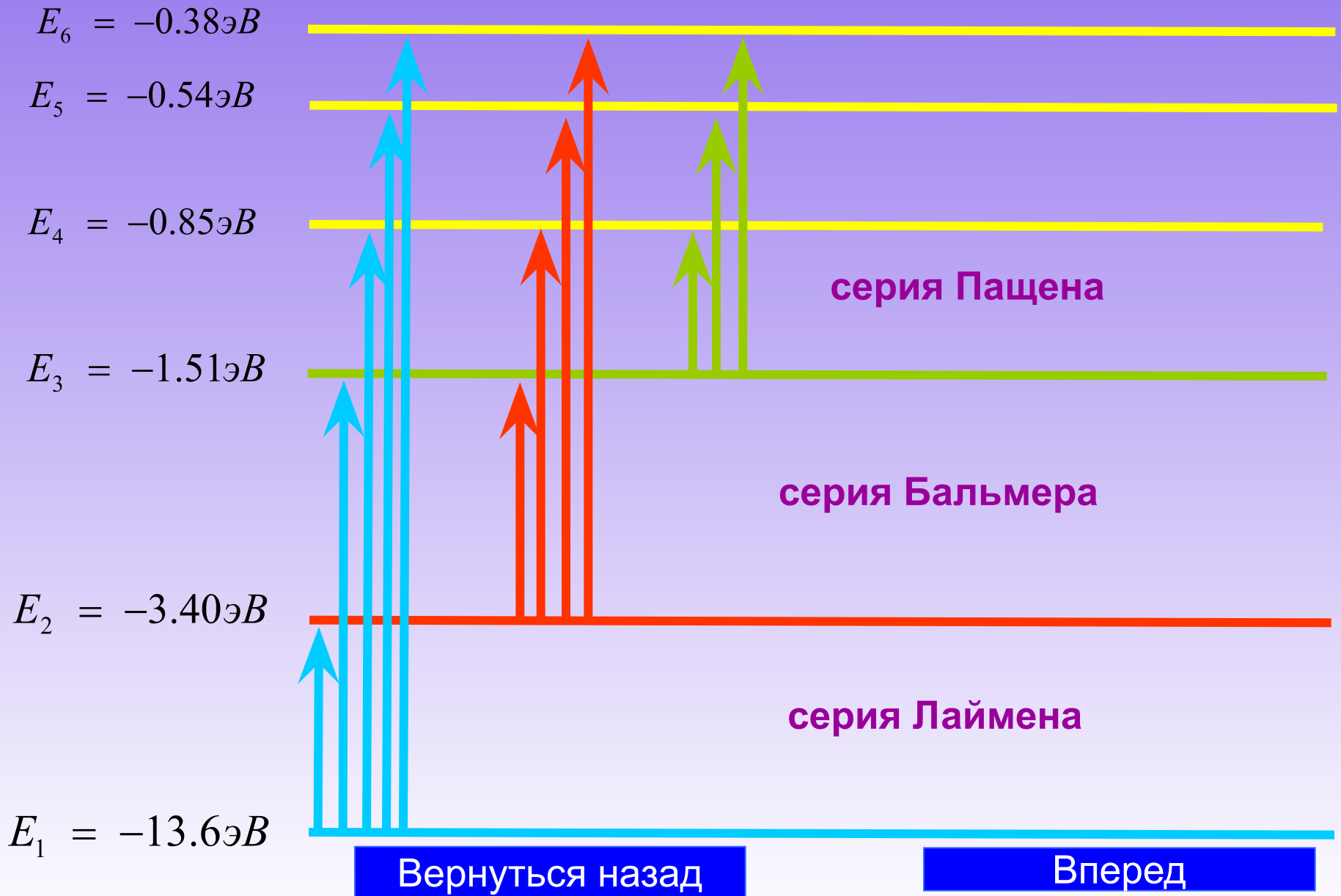
$m_e$  - масса электрона,  
 $v$  - скорость электрона  
 $r_n$  - радиус стационарной круговой орбиты

Правило квантования Бора позволяет вычислить радиусы стационарных орбит электрона в атоме водорода и определить значения энергий

Вернуться назад

Вперед

# Серии излучения атома водорода



# Опорный конспект

## Строение атома

Томсон (электрон)  $10^{-8}$  см кекс с изюмом 15 лет  
 1911 г. Резерфорд  $\alpha$ -частица ( $q = +2e$ ,  $m \approx 8000e$ ,  $v = 1/15 c$ )

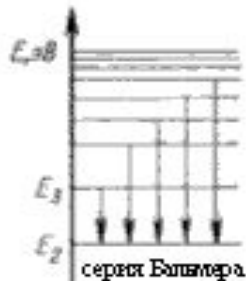


насквозь – атом пуст  
 отклонение – заряд  
 назад – массивное ядро

Планетарная модель



$d_{эл} \approx 10^{-10}$  м  
 $d_{яд} \approx 10^{-15}$  м



Но!?  
 е движется с а  
 должен терять E

Постулаты Бора

Атомная система...  
 При переходе атома...

$$h\nu = E_2 - E_1$$

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

только для  $H_2$

законы классической физики – неприменимы

КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА



- Вопросы:
1. Почему ядерная модель Резерфорда не могла объяснить процессы излучения энергии атомами? Каким образом Бор преодолел это противоречие?
  2. Какую модель строения атома предложил Резерфорд?
  3. Сформулируйте первый постулат Бора.
  4. Сформулируйте второй постулат Бора.
  5. Сформулируйте третий постулат Бора.
  6. При каком условии происходит излучение, а при каком — поглощение энергии атомом?

Вперед

# Проверочный тест



[Вернуться назад](#)

[Тест](#)

[Вперед](#)