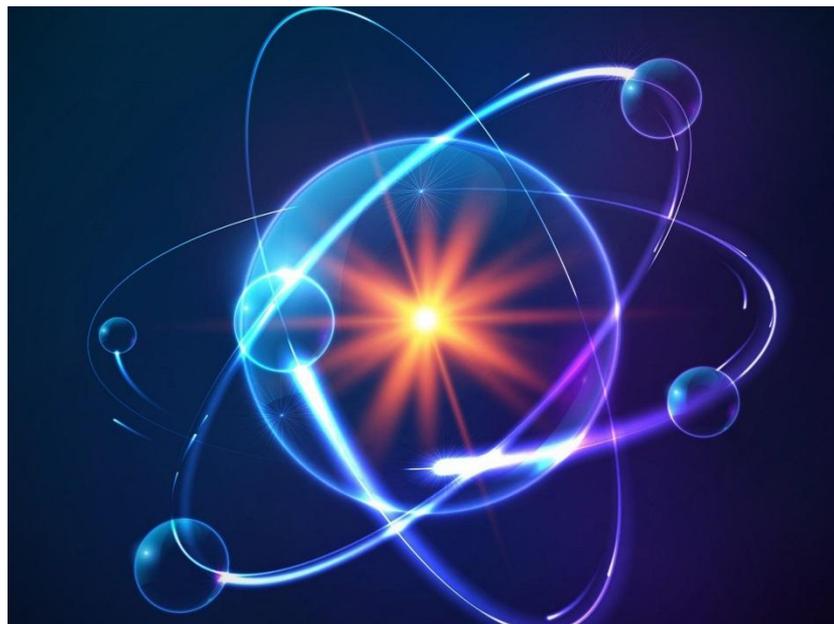


Лекция № 1.

Строение атома



Лекция № 1. Строение атома

Структура лекции:

- § 1.1. Опыт Резерфорда. Ядерная модель атома.
- § 1.2. Квантовые постулаты Бора.
- § 1.3. Атом водорода. Линейчатые спектры.
- § 1.4. Лазеры.

§ 1.1. Опыт Резерфорда. Ядерная модель атома

План:

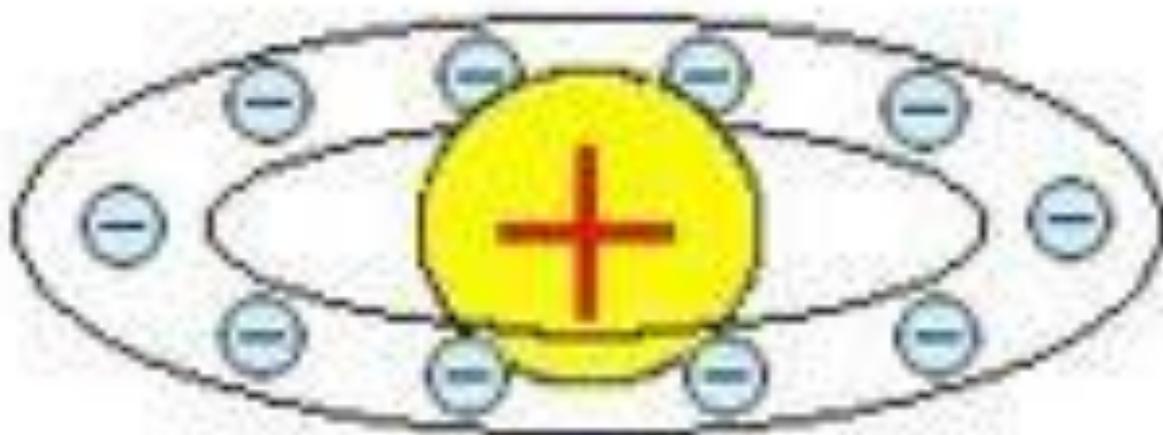
1. Модель атома Томсона и Резерфорда.
2. Опыты Томсона и Резерфорда.

§ 1.1. Опыт Резерфорда.

Ядерная модель атома

В 1904 г. Появились первые публикации о строении атома, одна из которых принадлежит Х. Нагаока, другие Дж. Томсону.

Х. Нагаока представил, что модель атома, была построена аналогично с расчетами устойчивости колец Сатурна.



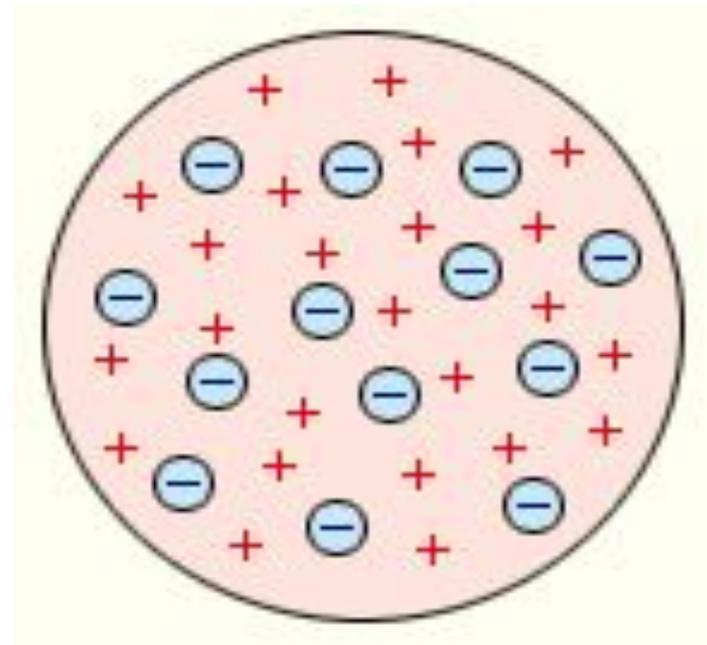
§ 1.1. Опыт Резерфорда. Ядерная модель атома



Хантаро Нагаока (1865 – 1950) – японский физик, один из основоположников японской физики начала Периода Мэйдзи, основатель научной школы. Автор ряда трудов по электричеству и магнетизму, атомной физике и спектроскопии.

§ 1.1. Опыт Резерфорда. Ядерная модель атома

Дж. Томсон считал, что атом представляет собой электронейтральную систему шарообразной формы радиусом, примерно равным 10^{-10} м. Положительный заряд атома равномерно распределен по всему объему шара, а отрицательно заряженные электроны находятся внутри него.



§ 1.1. Опыт Резерфорда.

Ядерная модель атома

Первые прямые эксперименты по исследованию внутренней структуры атомов были выполнены Э. Резерфордом и его сотрудниками Э. Марсденом и Х. Гейгером в 1909 – 1911 годах.

Резерфорд предложил применить зондирование атома с помощью альфа-частиц, которые возникают при радиоактивном распаде радия и некоторых других элементов.

§ 1.1. Опыт Резерфорда. Ядерная модель атома

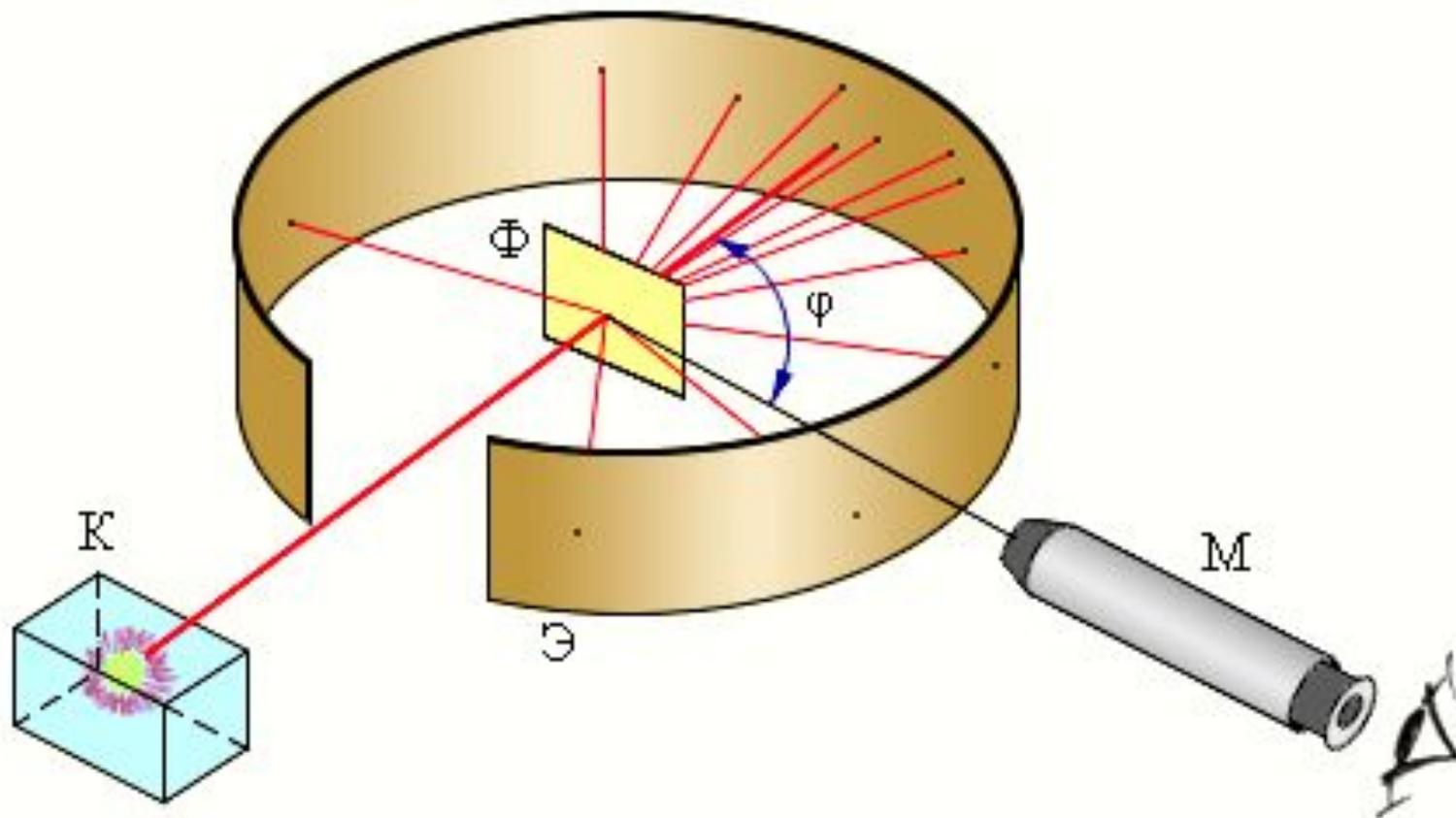
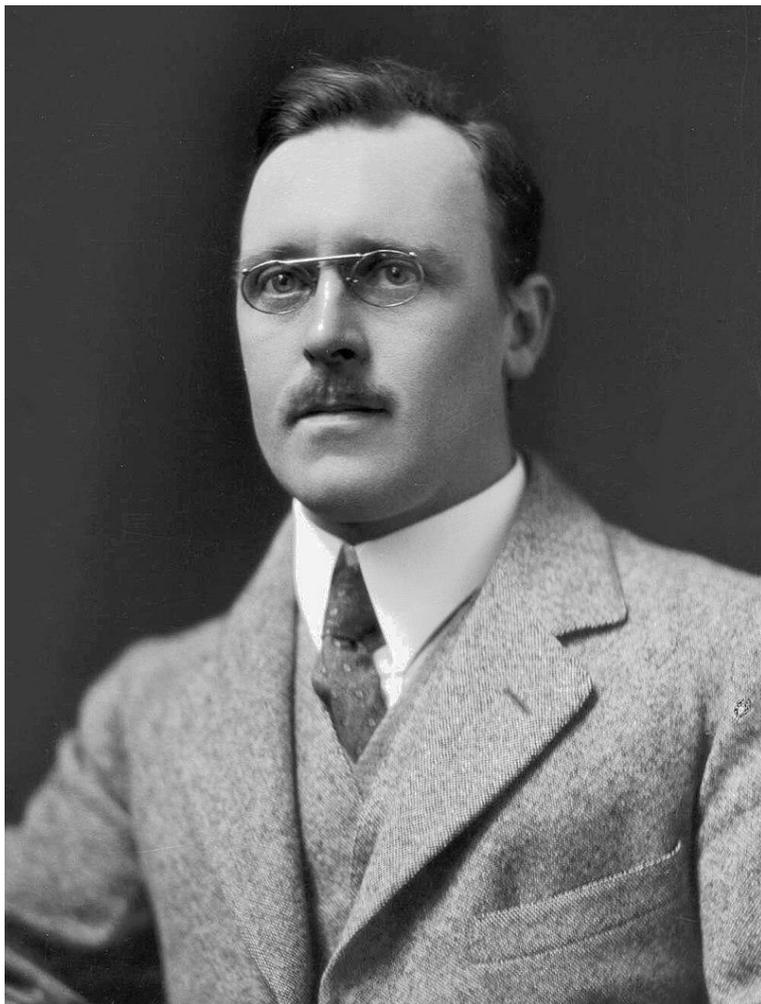


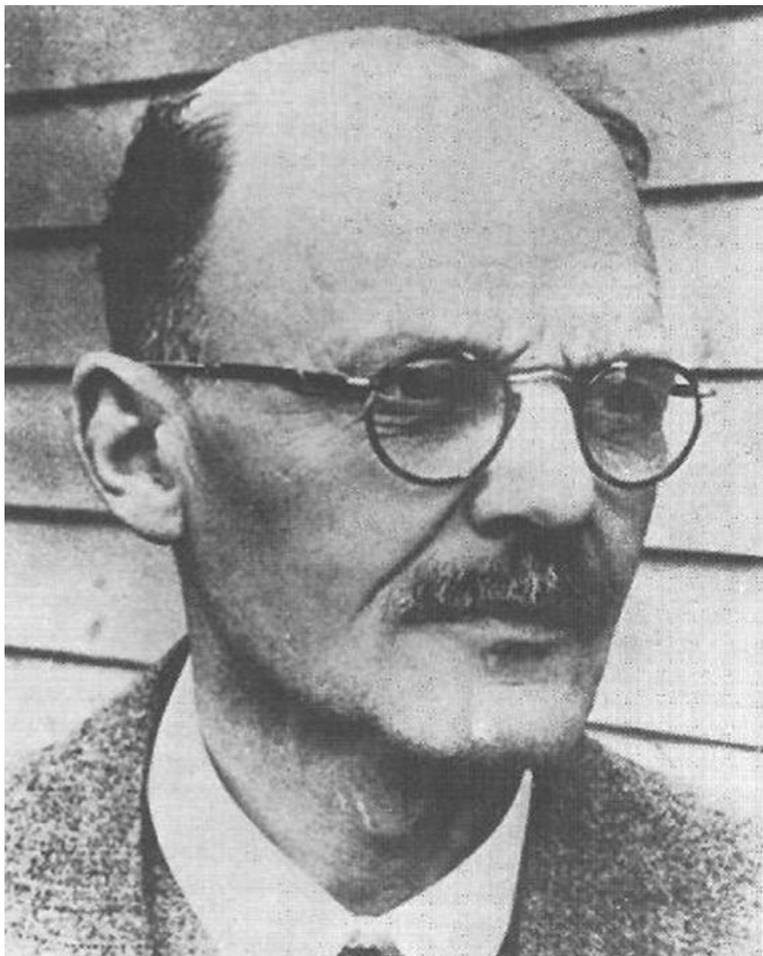
Схема опыта Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. К – свинцовый контейнер с радиоактивным веществом, Э – экран, покрытый сернистым цинком, Ф – золотая фольга, М – микроскоп.

§ 1.1. Опыт Резерфорда. Ядерная модель атома



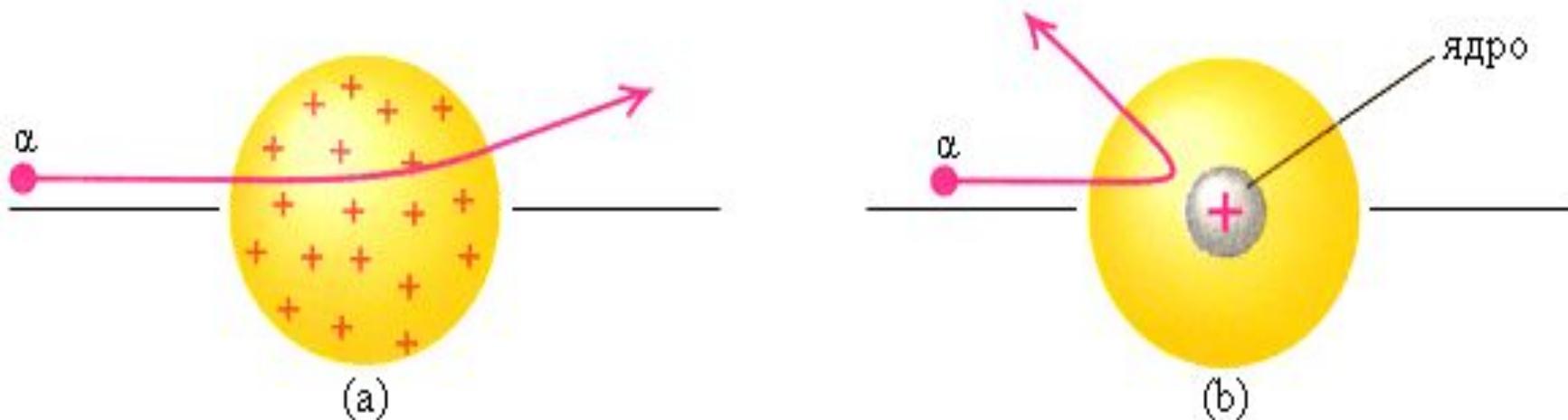
Эрнест Марсден (1889 – 1970) – новозеландский физик. Совместно с Х. Гейгером в 1909 – 1910 гг. исполнил экспериментальное исследование прохождения альфа-частиц через тонкие пластинки из золота и других металлов.

§ 1.1. Опыт Резерфорда. Ядерная модель атома



Ханс Вильгельм Гейгер (1882 – 1945) – немецкий физик, первым создавший детектор альфа-частиц и других ионизирующих излучений. Изобрёл в 1908 году счётчик Гейгера. В 1911 году с Дж. Нэттолом открыл закон Гейгера-Нэттола.

§ 1.1. Опыт Резерфорда. Ядерная модель атома



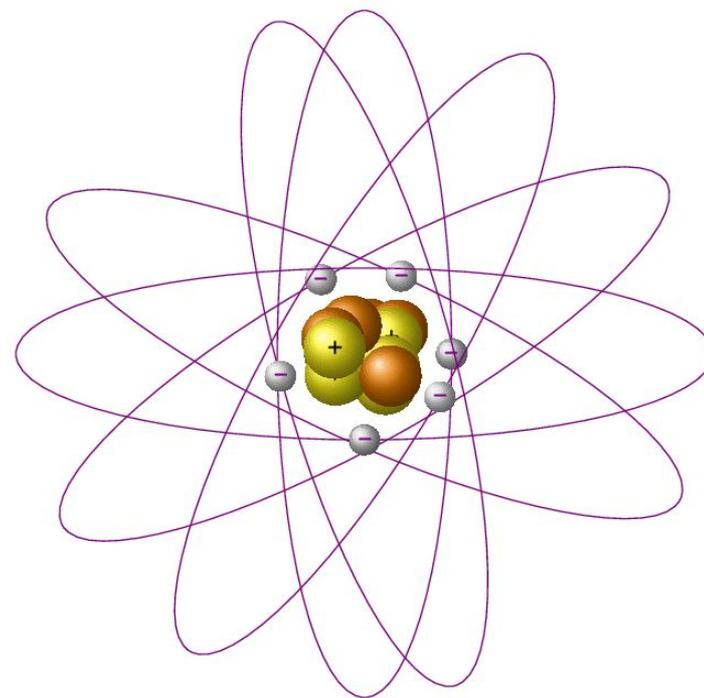
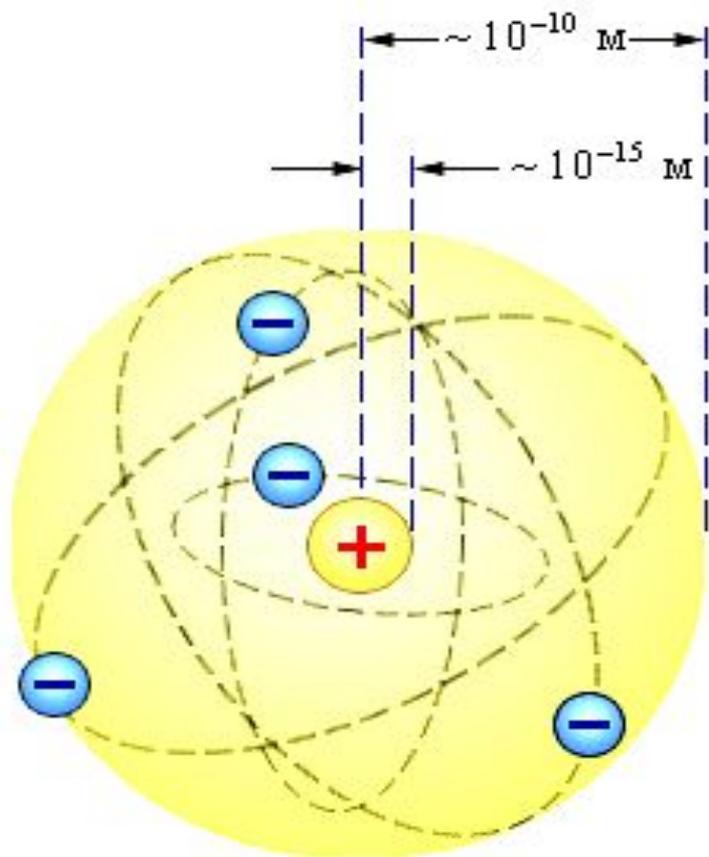
Рассеяние альфа-частицы в атоме Томсона (a) и в атоме Резерфорда (b).

§ 1.1. Опыт Резерфорда. Ядерная модель атома

Выводы о строении атома, следовавшие из опытов Резерфорда, заставляли многих ученых сомневаться в их справедливости.

Опираясь на классические представления о движении микрочастиц, Резерфорд предложил **планетарную модель атома**. Согласно этой модели, в центре атома располагается положительно заряженное ядро, в котором сосредоточена почти вся масса атома. Атом в целом нейтрален. Вокруг ядра, подобно планетам, под действием кулоновских сил со стороны ядра вращаются электроны.

§ 1.1. Опыт Резерфорда. Ядерная модель атома



Планетарная модель атома Резерфорда. Показаны круговые орбиты четырех электронов

§ 1.2. Квантовые постулаты Бора

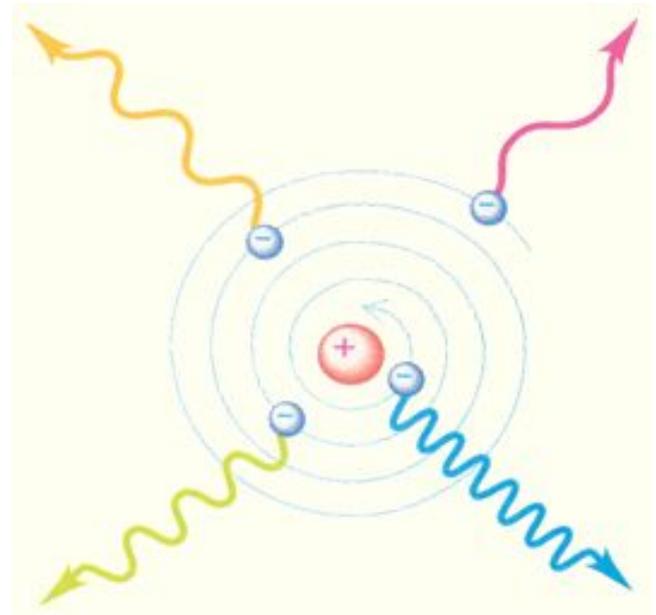
План:

1. Теория Н. Бора.
2. Квантовые постулаты Н. Бора.

§ 1.2. Квантовые постулаты Бора

Планетарная модель атома, Резерфорда – попытка применения классических представлений о движении тел к явлениям атомных масштабов. Она оказалась несостоятельной. Классический атом неустойчив.

В развитии представлений об устройстве атома в 1913 г. сделал Н. Бор



§ 1.2. Квантовые постулаты Бора

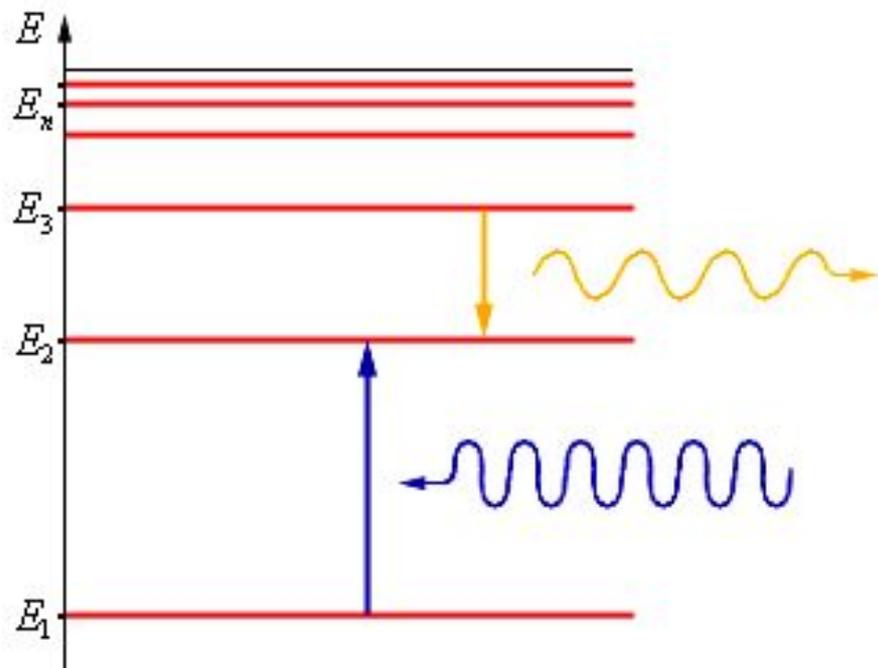


Нильс Хенрик Давид Бор (1885 – 1962) – датский физик-теоретик и общественный деятель, один из создателей современной физики.

§ 1.2. Квантовые постулаты Бора

Первый постулат Бора (постулат стационарных состояний): атомная система может находиться только в особых стационарных или квантовых состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия. В стационарных состояниях атом не излучает.

Энергетические уровни
атома и условное
изображение процессов
поглощения и испускания
фотонов



§ 1.2. Квантовые постулаты Бора

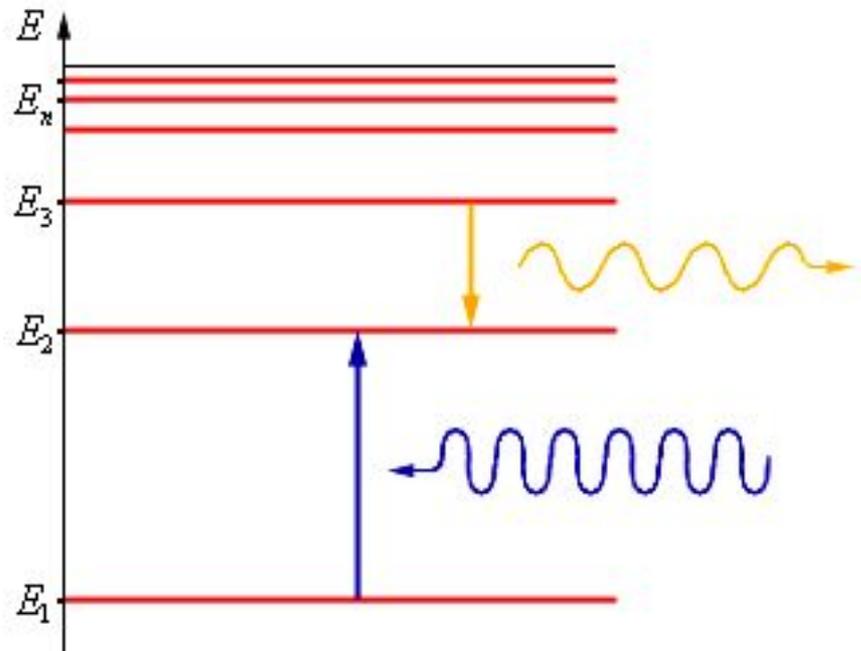
Второй постулат Бора (правило частот): при переходе атома из одного стационарного состояния с энергией в другое стационарное состояние с энергией излучается или поглощается квант, энергия которого равна разности энергий стационарных состояний.

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

где h – постоянная Планка

$$h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

Энергетические уровни атома и условное изображение процессов поглощения и испускания фотонов



§ 1.3. Атом водорода. Линейчатые спектры

План:

1. Теория Бора для атома водорода.
2. Спектральные линии и энергетические уровни атома водорода.

§ 1.3. Атом водорода. Линейчатые спектры

Простейший из атомов, атом водорода явился своеобразным тест-объектом для теории Бора. Было известно, что он содержит единственный электрон. Ядром атома является **протон** – положительно заряженная частица, заряд которой равен по модулю заряду электрона, а масса в 1836 раз превышает массу электрона. Еще в начале XIX в. были открыты дискретные спектральные линии в видимой области излучения атома водорода (так называемый **линейчатый спектр**).

§ 1.3. Атом водорода.

Линейчатые спектры

Вследствии закономерности, которым подчиняются длины волн (или частоты) линейчатого спектра, были хорошо изучены количественно (И. Бальмер, 1885 г.).

$$\nu_{nm} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

где R – постоянная Ридберга $R = 3,29 \times 10^{15} \text{ Гц}$

§ 1.3. Атом водорода.

Линейчатые спектры

Правило квантования, приводящее к согласующимся с опытом значениям энергий стационарных состояний атома водорода, Бором было угадано. Он предположил, что момент импульса электрона, вращающегося вокруг ядра, может принимать только дискретные значения, кратные постоянной Планка. Для круговых орбит правило квантования Бора записывается в виде:

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

§ 1.3. Атом водорода.

Линейчатые спектры

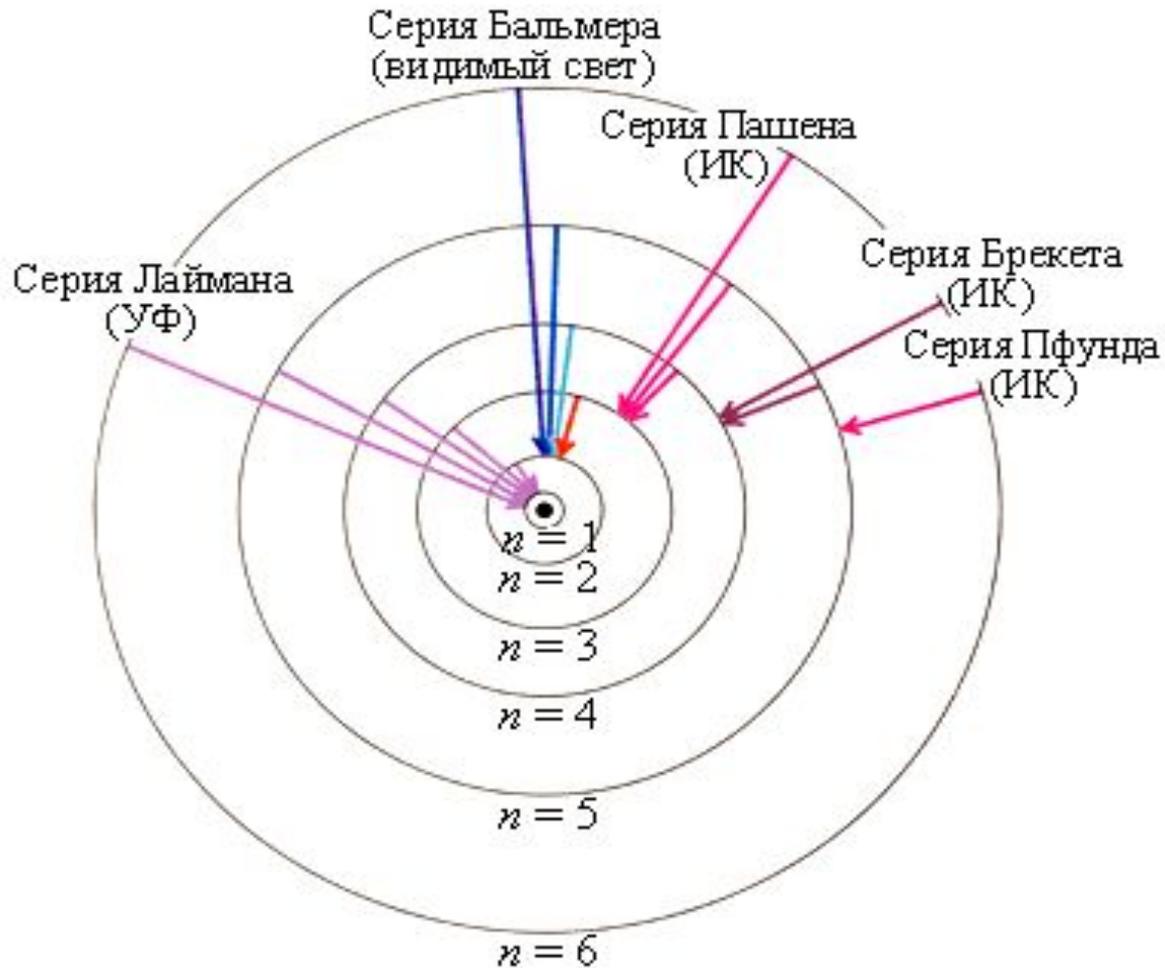
Скорость электрона, вращающегося по круговой орбите некоторого радиуса в кулоновском поле ядра, как следует из второго закона Ньютона, определяется соотношением:

$$v^2 = \frac{e^2}{\pi m_e e^2} n^2$$

Радиусы стационарных круговых орбит определяются выражением:

$$r_n = \frac{\varepsilon_0 h^2}{\pi m_e e^2} n^2$$

§ 1.3. Атом водорода. Линейчатые спектры



Стационарные орбиты атома водорода

§ 1.3. Атом водорода. Линейчатые спектры

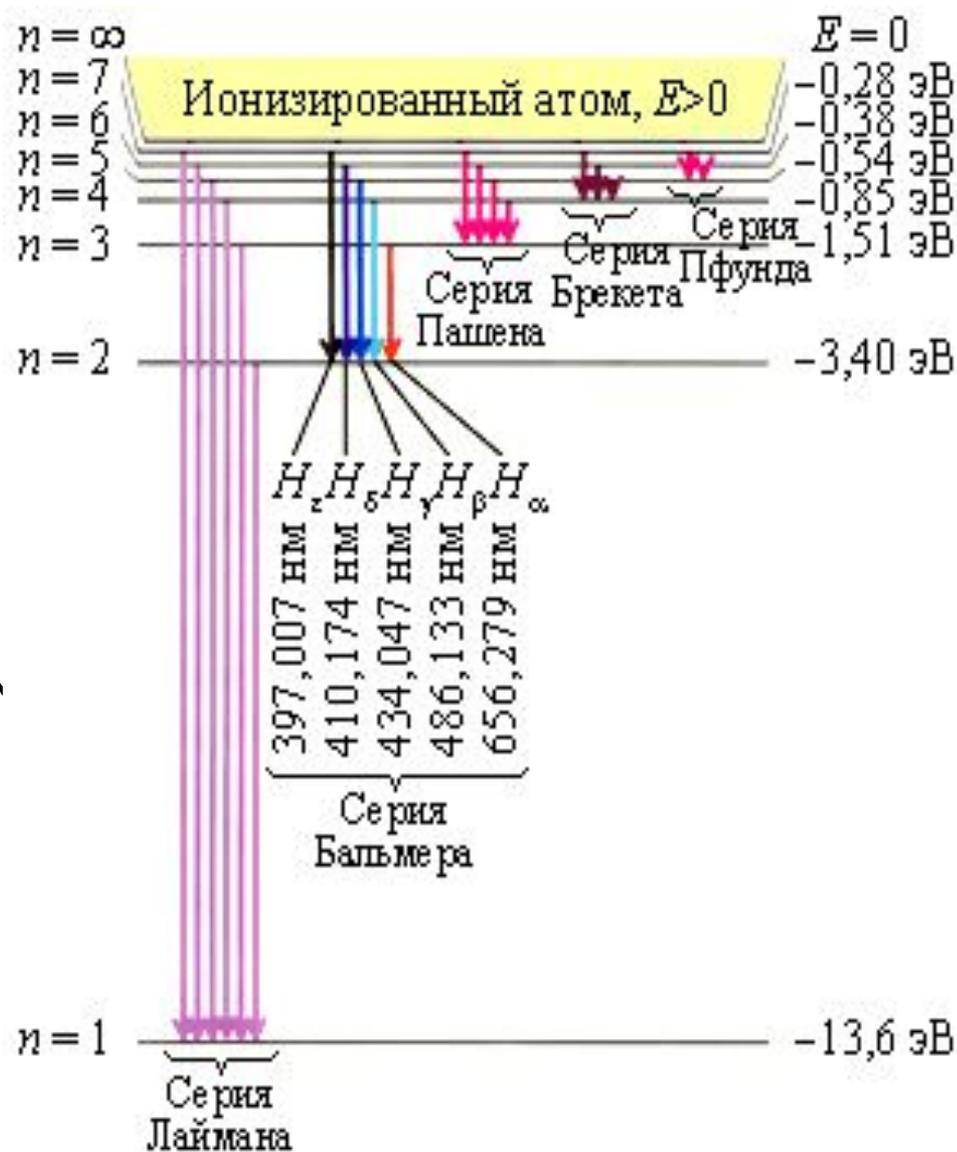


Диаграмма энергетических уровней атома водорода

§ 1.4. Лазеры

План:

1. Оптические квантовый генератор.
2. Устройство квантовых генераторов.

§ 1.4. Лазеры

Лазеры или **оптические квантовые генераторы** – современные источники когерентного излучения, обладающие целым рядом уникальных свойств.

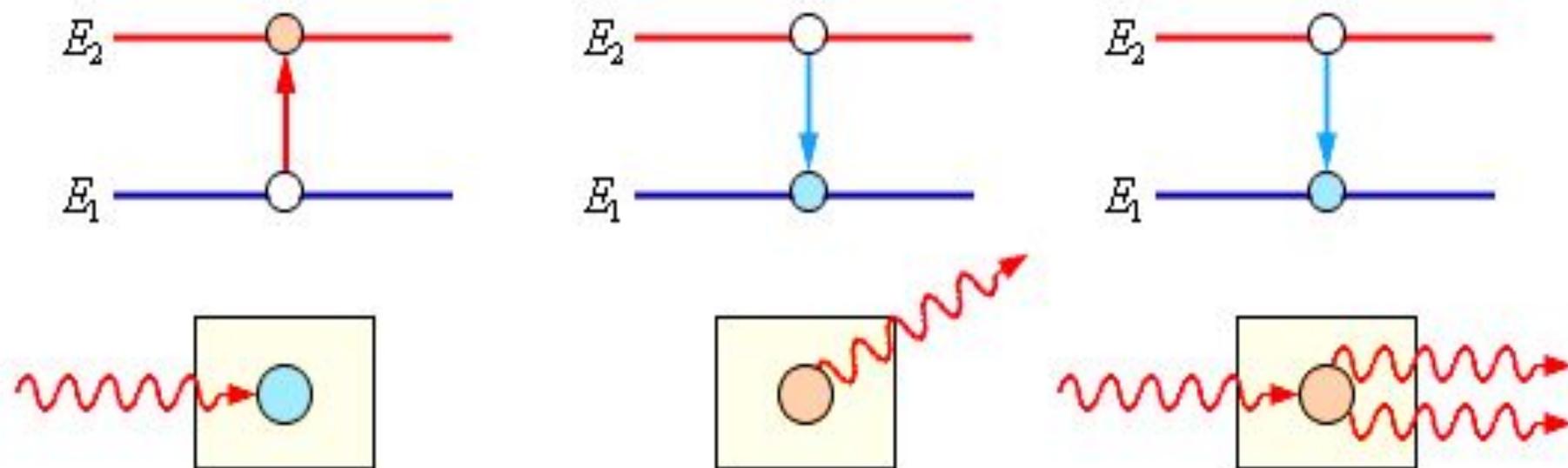
Переходы между энергетическими уровнями атома не обязательно связаны с поглощением или испусканием фотонов. Атом может приобрести или отдать часть своей энергии и перейти в другое квантовое состояние в результате взаимодействия с другими атомами или столкновений с электронами. Такие переходы называются **безизлучательными**.

§ 1.4. Лазеры

В 1916 г. А. Эйнштейн предсказал, что переход электрона в атоме с верхнего энергетического уровня на нижний может происходить под влиянием внешнего электромагнитного поля, частота которого равна собственной частоте перехода. Возникающее при этом излучение называют **вынужденным** или **индуцированным**.

Индукцированное излучение является физической основой работы лазеров.

§ 1.4. Лазеры



Условное изображение процессов (а) поглощения, (б) спонтанного испускания и (в) индуцированного испускания кванта

Вопросы для закрепления материала

На тему «Строение атома»

1. Каковы результаты опытов Томсона и Резерфорда?
2. Почему положительно заряженная часть атома должна иметь очень маленькие размеры?
3. Почему с точки зрения классической электродинамики модель оказалась неустойчивой?
4. Какие противоречия между первым постулатом Бора и классической механикой и классической электродинамикой?
5. Как теория Бора объясняет стабильность и сходство атомов?
6. При каком условии атом переходит в возбужденное состояние?
7. При каком условии атом излучает?
8. Как располагаются электроны вокруг ядра?
9. В чем недостатки постулатов Бора?

Вопросы для закрепления материала

10. Что такое квантовые генераторы.
11. Где применяются лазеры?
12. Почему у отрицательно заряженные частицы атома не оказывают заметного влияния на рассеивание α -частицы?
13. Чем отличается излучение лазера от излучения лампы накаливания?
14. Как возможны процессы взаимодействия атома с фотоном?
15. Опишите принцип действия рубинового лазера. Охарактеризуйте основные особенности лазерного излучения.