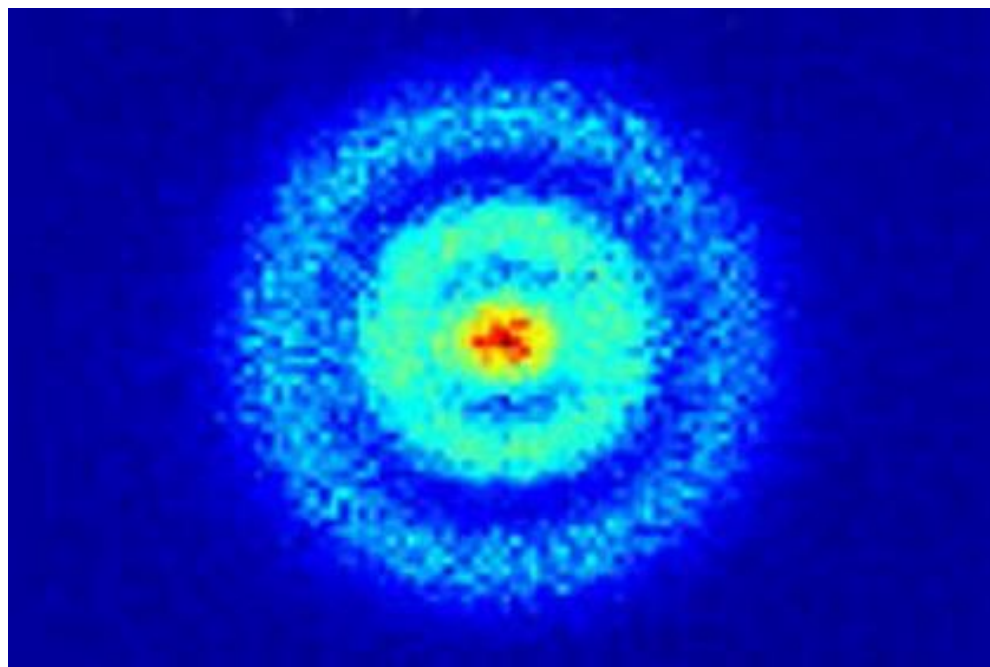
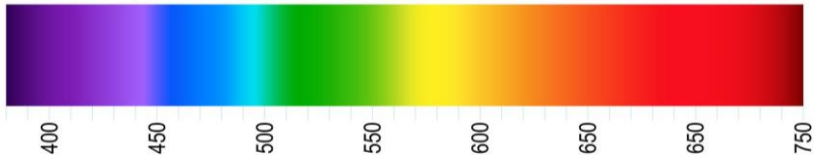


Лекция 3. Основы квантовой физики: эффект Комптона. Эволюция представлений об атоме.

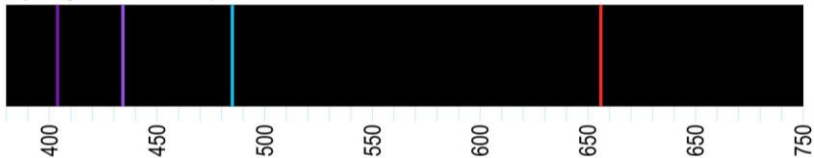


Понятие фотона.
Эффект Комптона.
Эволюция представлений об атоме.
Теория Бора атома водорода.
Гипотеза де Бройля.
Корпускулярно-волновой дуализм.

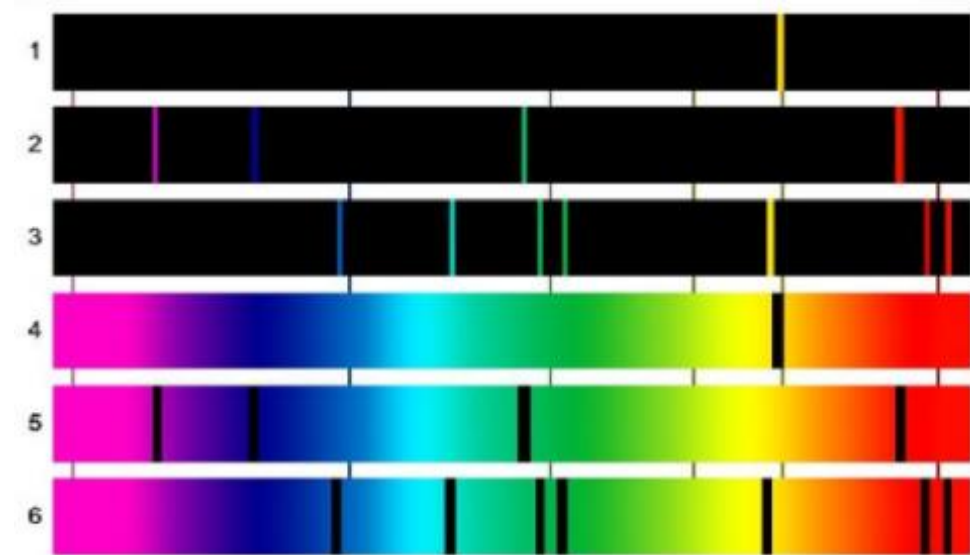
Continuous spectrum



Hydrogen Emission spectrum



Hydrogen Absorption spectrum



Спектры испускания: 1 - натрия; 2 - водорода; 3 - гелия.
Спектры поглощения: 4 - натрия; 5 - водорода; 6 - гелия.

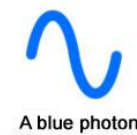
Свет **распространяется** в виде дискретных частиц – световых квантов (Эйнштейн)

Фотоны (1923, определение Г. Льюис в 1926) – элементарная частица, квант электромагнитного излучения (света)

Энергия фотона – зависит только от частоты излучения

$$\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Для $\lambda = 550$ нм?



A blue photon



A red photon

Масса фотона

Из теории относительности:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (\nu/c)^2}} \quad (1)$$

$$\varepsilon = mc^2 \quad (2)$$

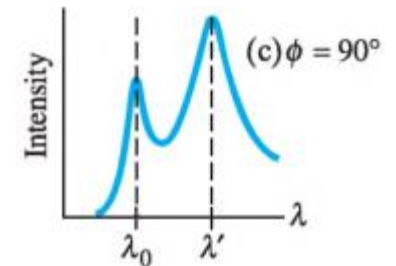
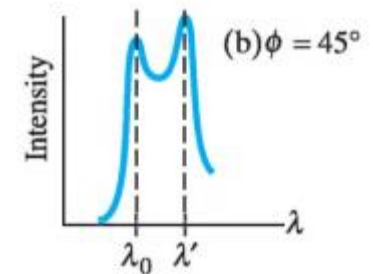
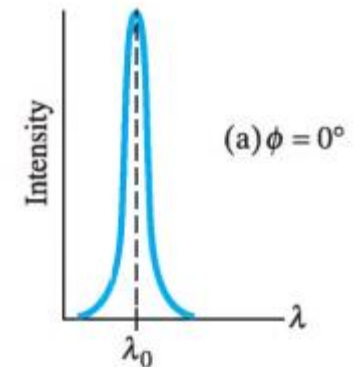
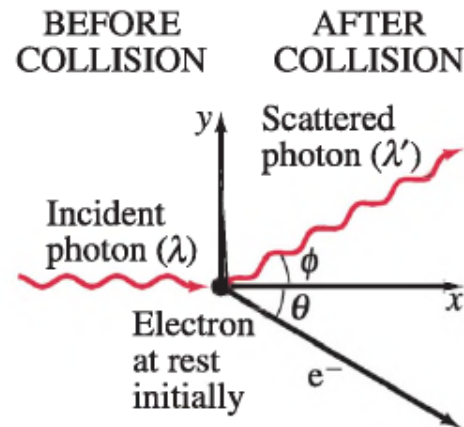
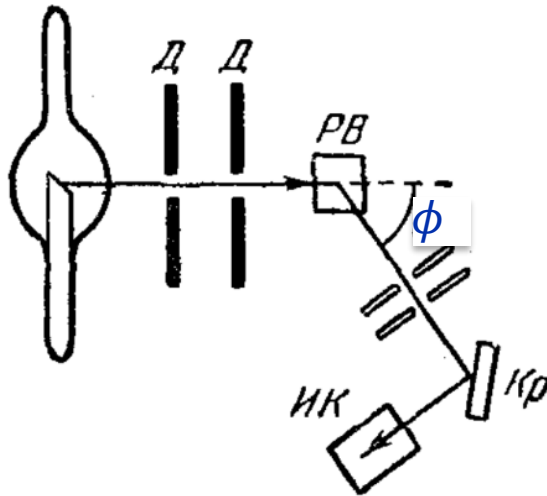
$$\varepsilon = c\sqrt{p^2 + m_0^2 c^2} \quad (3)$$

Фотон – частица, которая **всегда** движется со скоростью света, масса покоя **равна нулю!**

Импульс фотона

$$p = \frac{\varepsilon}{c}$$

1923, рассеяние рентгеновских лучей на различных веществах, Комптон.

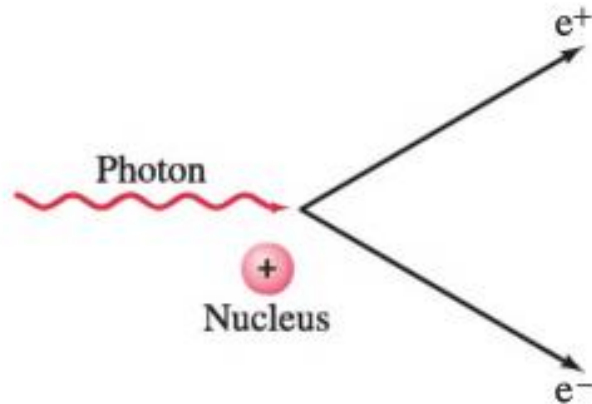


КОМПТОНОВСКИЙ СДВИГ И КОМПТОНОВСКАЯ ДЛИНА ВОЛНЫ:

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_0c} (1 - \cos(\phi))$$

$$\lambda_c = \frac{h}{m_0c}$$

1. Фотоэлектрический эффект: фотоны выбивают электроны с поверхности вещества.
2. Фотоны могут передать энергию атому и перевести атом в возбужденное состояние.
3. Комptonовское рассеяние: фотоны могут быть рассеяны на электронах/ядрах, потерять часть энергии. Меняется только частота, не скорость.
4. Образование пары электрон-позитрон.

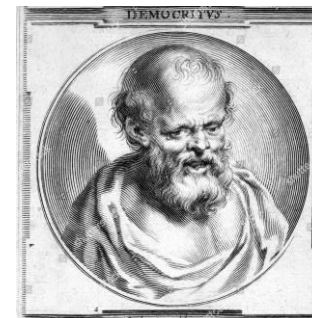
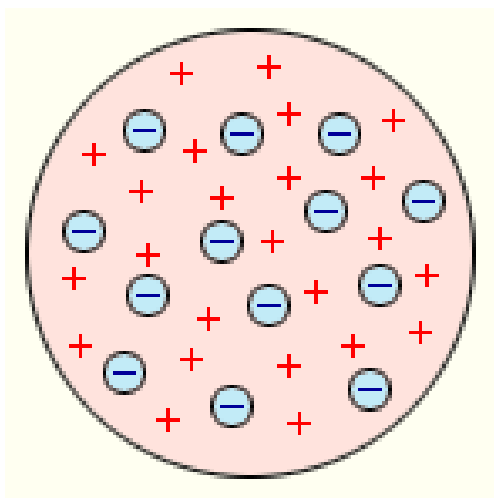


Модели строения атома. Модель Томсона

До конца 19 века: атом – неделимая элементарная частица, из которой состоят все вещества;

1897, Томсон – открытие электрона;

1903, Томсон – модель атома, состоящего из положительных и отрицательных зарядов.

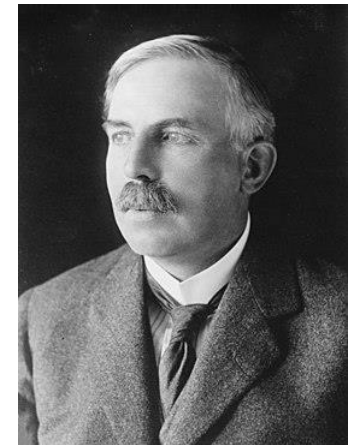
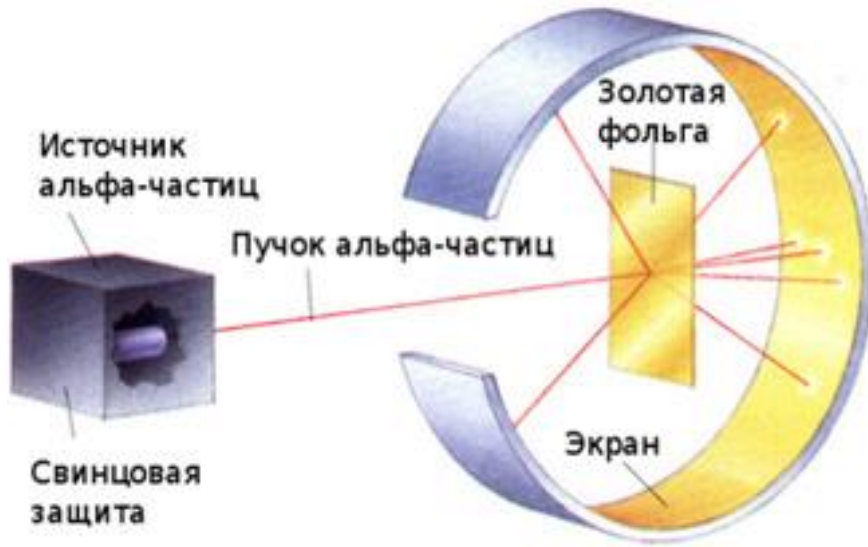


Демокрит
4 в. до н.э.



Дж. Томсон,
Нобелевская
премия 1906
года

Опыты Э. Резерфорда, 1909-1911 гг.

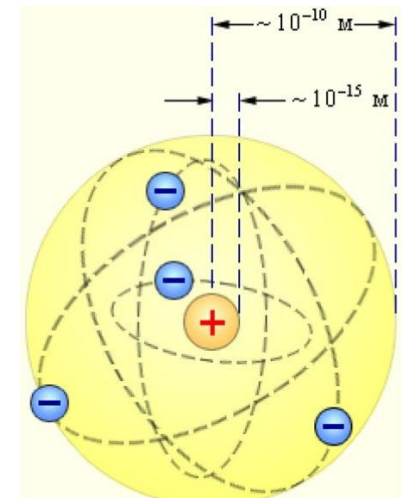


Э. Резерфорд,
Нобелевская
премия 1908 года

До конца 19 века: атом – неделимая элементарная частица, из которой состоят все вещества;

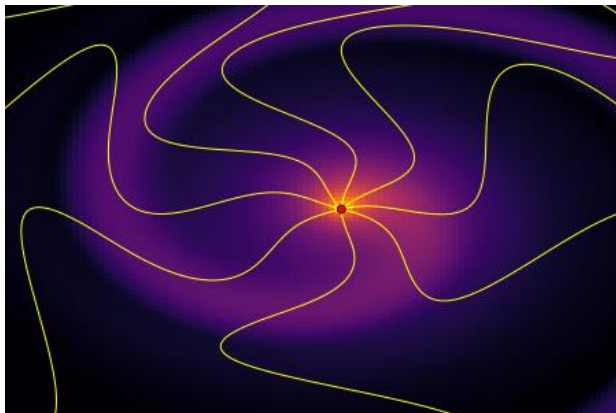
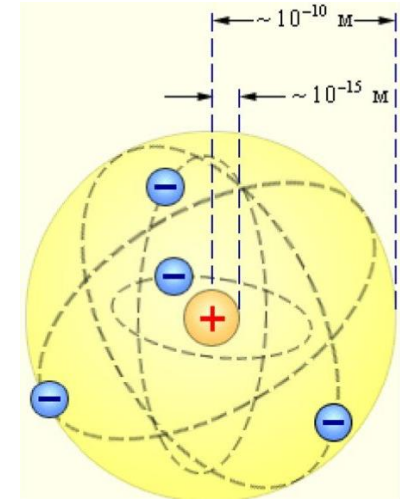
1897, Томсон – открытие электрона;

1903, Томсон – модель атома, состоящего из положительных и отрицательных зарядов.



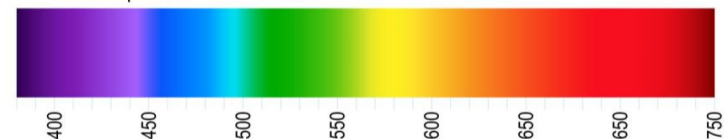
Модель:

- в центре массивное положительно заряженное ядро, вокруг которого расположены электроны;
- заряды должны находится в движении, иначе система не устойчива;
- Если заряды движутся, то теряют энергию, следовательно, должны упасть на ядро (???) → классическая теория не работает.

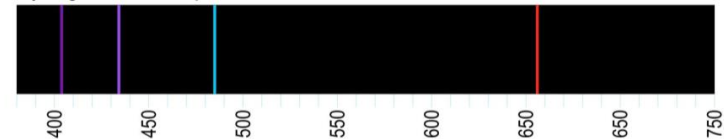


VS

Continuous spectrum



Hydrogen Emission spectrum

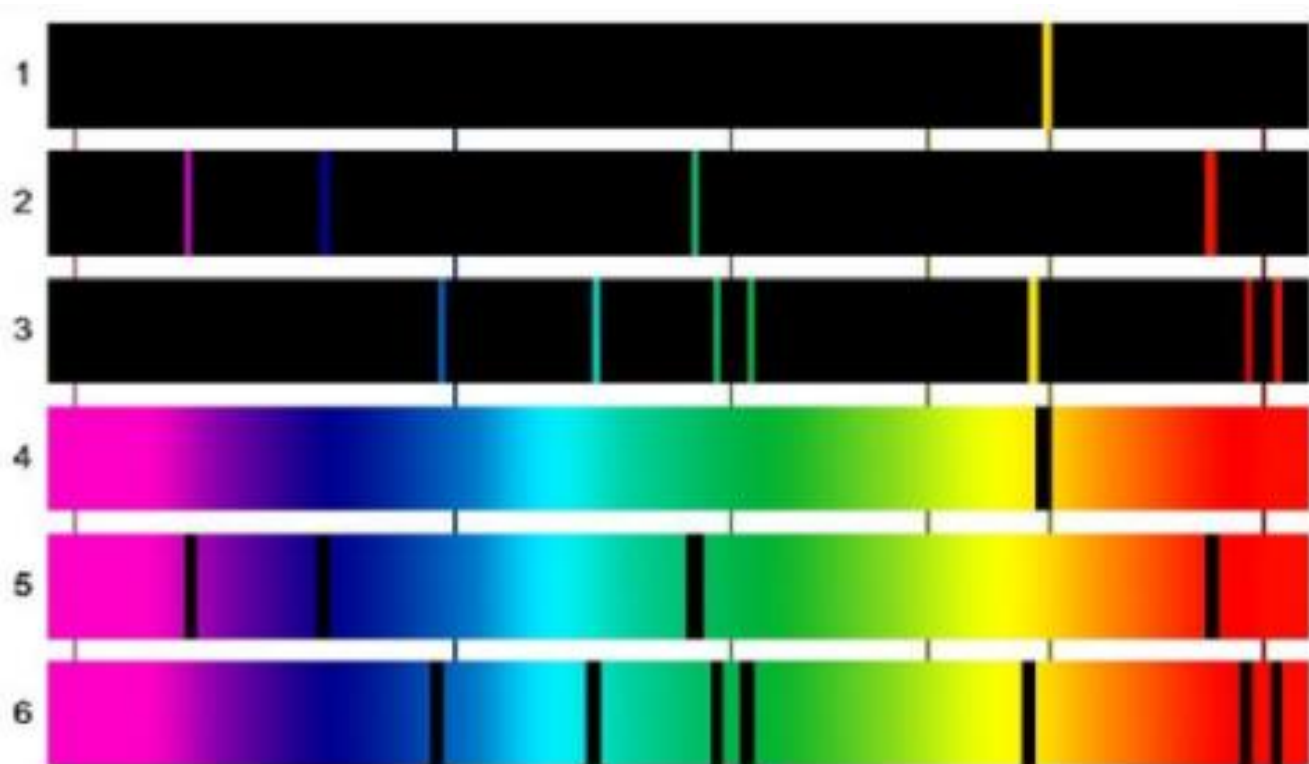


Hydrogen Absorption spectrum



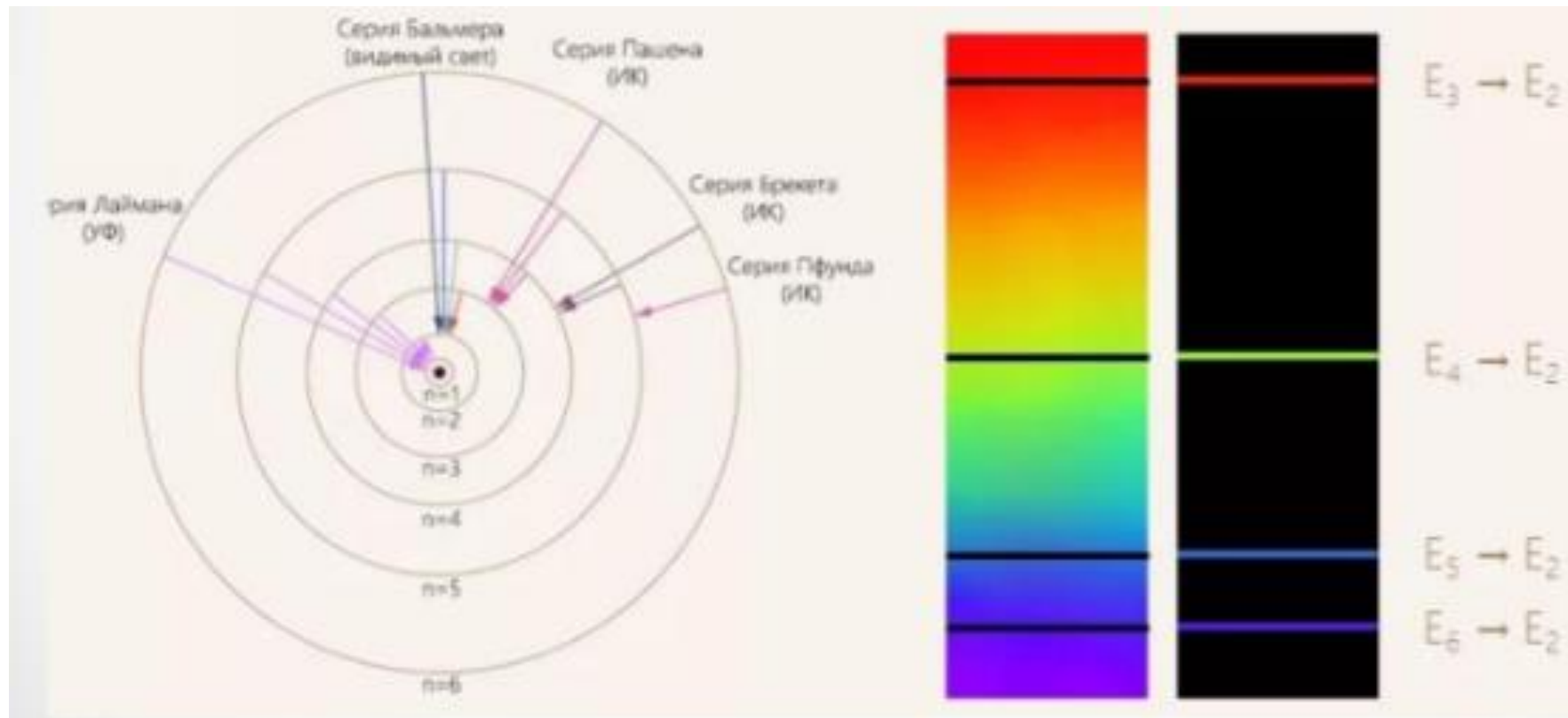
Через какой промежуток времени электрон, вращающийся вокруг ядра по окружности радиусом 52 пм, если бы к нему были применимы законы классической механики и электродинамики?

Спектры: линейчатые, сплошные, полосатые. Линейчатый спектр – отдельные линии, соответствующие определенным длинам волн (атомы, разреженные газы).



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

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



*«Каждый школьник знает, что атом Бора – это не атом бора, а атом водорода»
П. Капица*

Бор, 1913, снятие противоречий предыдущих теорий, отказ от классических представлений

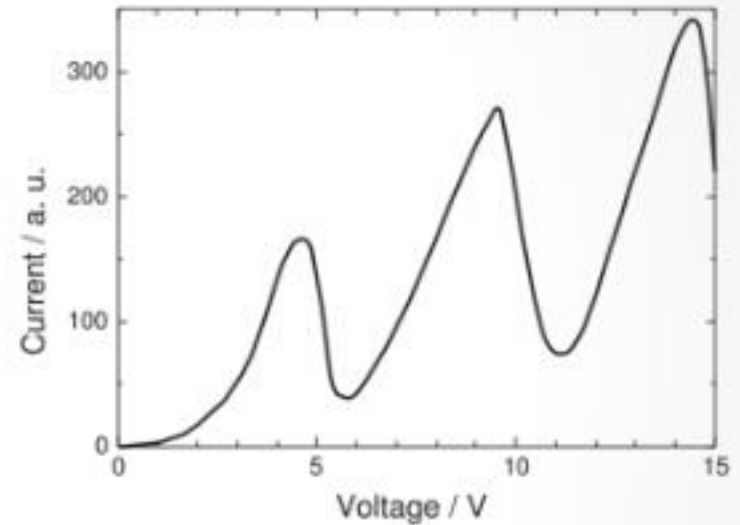
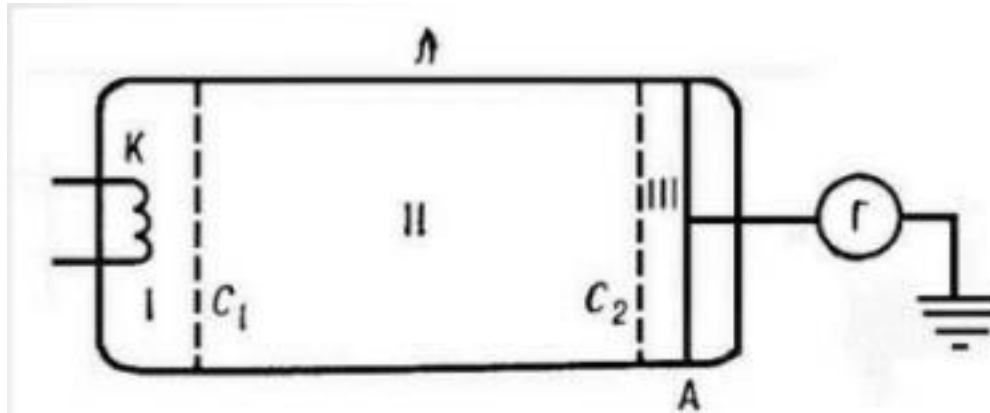
1. Атомы могут находиться в стационарных состояниях, в которых они не излучают и не поглощают.
2. При переходе из одного стационарного состояния в другое излучается или поглощается квант энергии

$$E_2 - E_1 = h\nu$$

3. Электрон в атоме водорода движется по орбитам, для которых выполняется условие:

$$L = mvr = n\hbar$$

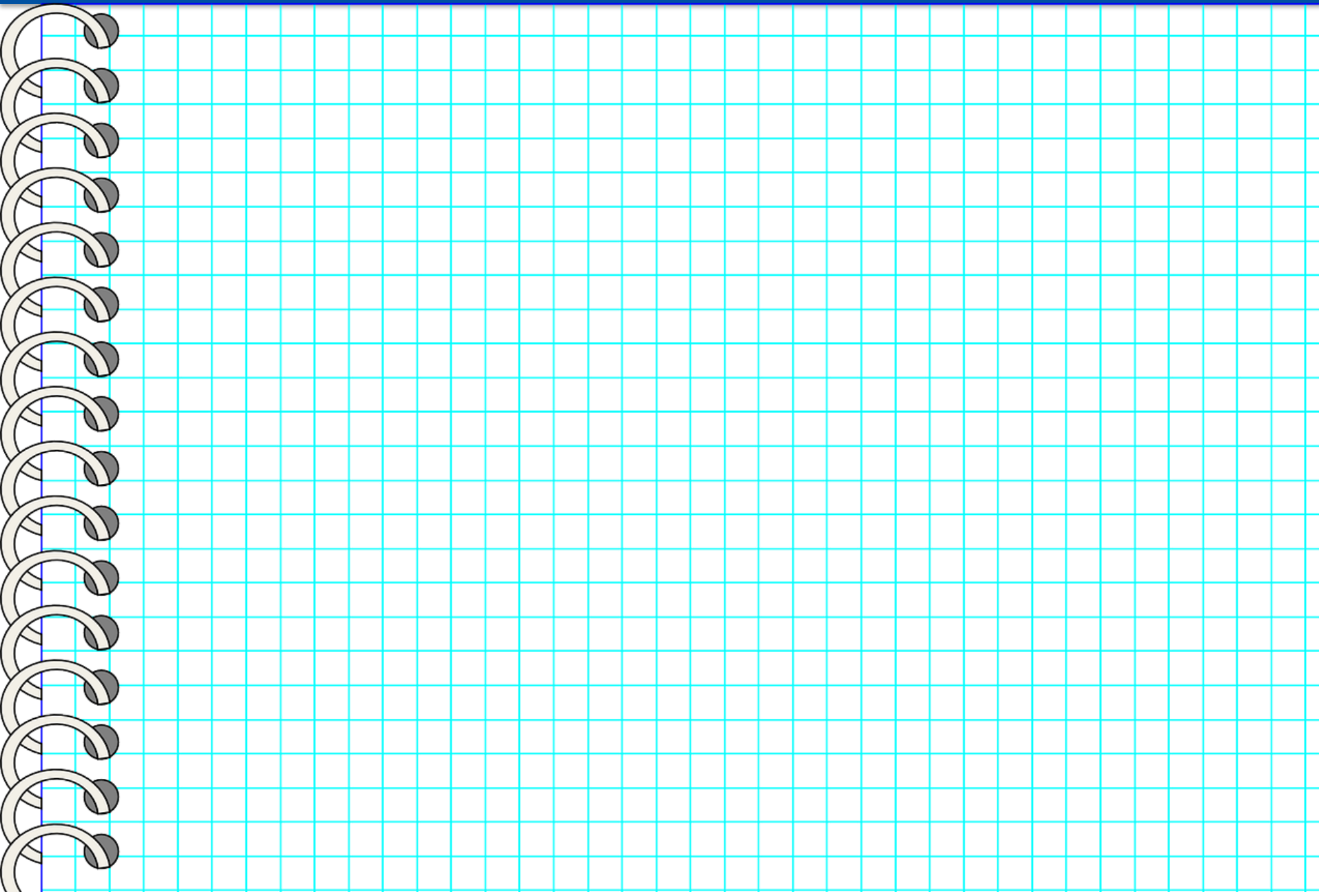
1913, экспериментальное подтверждение дискретности энергетических уровней



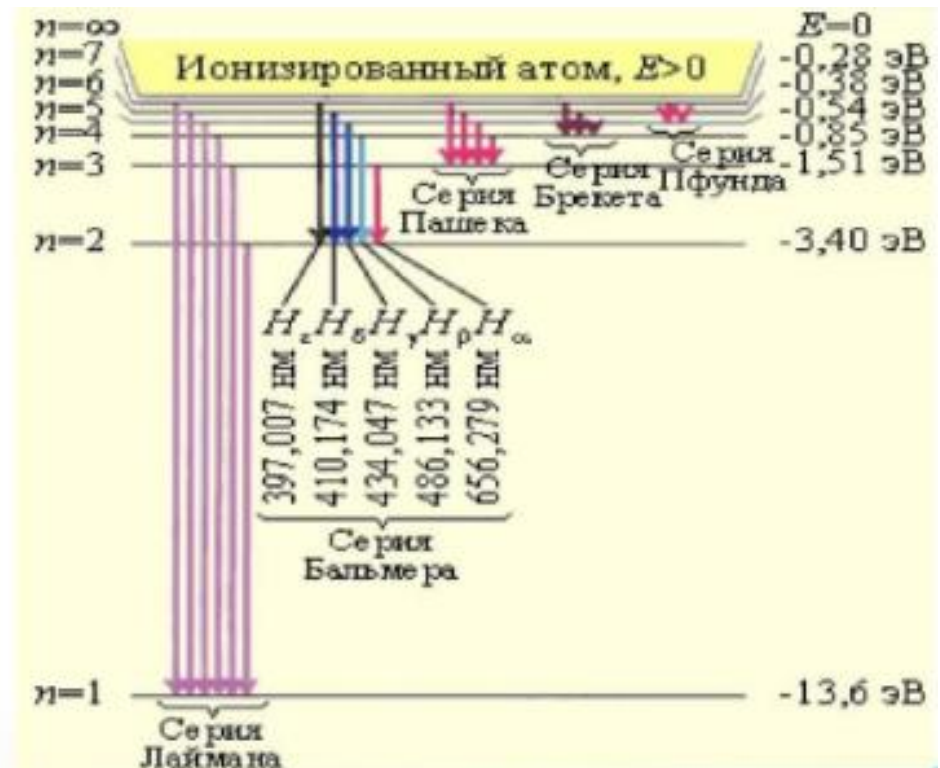
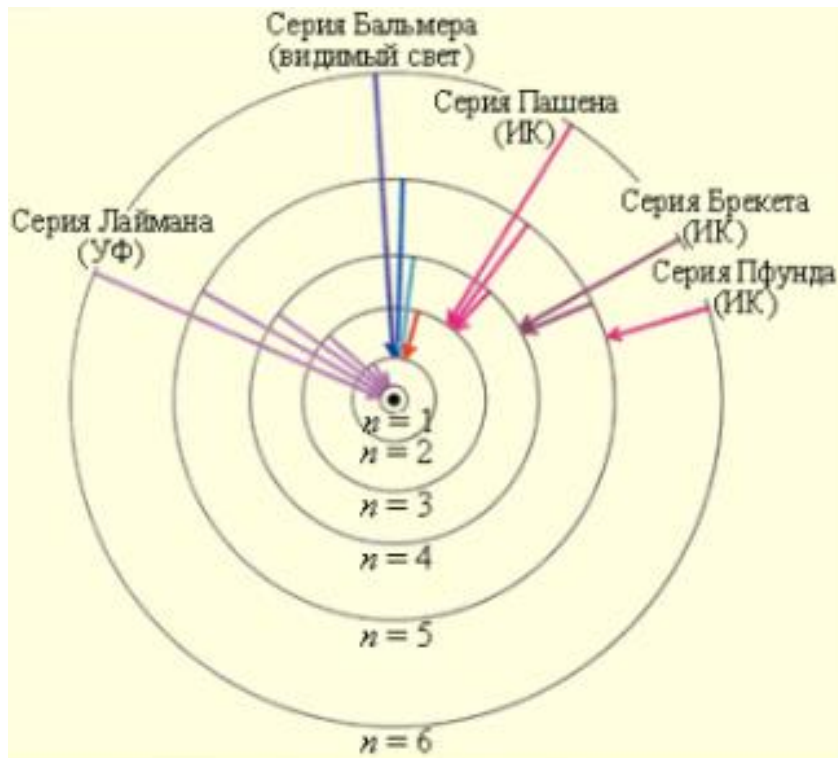
$$E_2 - E_1 = h \frac{c}{\lambda} = 4,9 \text{ эВ}$$

$$\lambda = 253,7 \text{ нм}$$

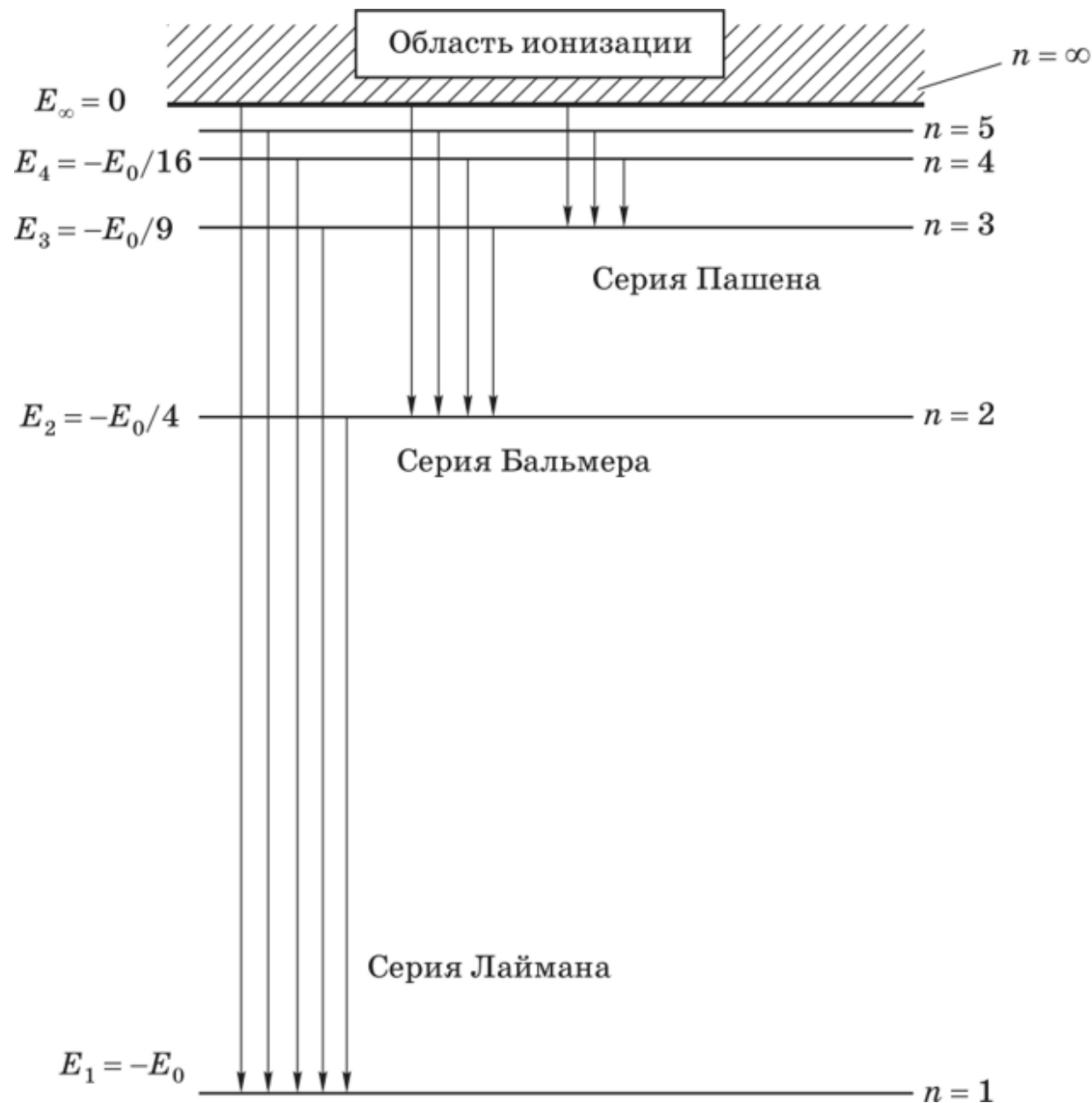
Скорость и энергия электронов. Вывод формул.



Спектральные серии атома водорода. Энергия



Спектральные серии атома водорода. Энергия



1. Вывести формулу для длины волны при эффекте Комптона.
2. Через какой промежуток времени электрон в атоме водорода, вращающийся вокруг ядра по окружности радиусом 52 пм, упал бы на ядро вследствие потерь на излучение, если бы к нему были применимы законы классической механики и электродинамики?
3. Поясните физические принципы работы электронного микроскопа и электронной литографии. Где применяется электронная литография?