Основы квантовой теории атома

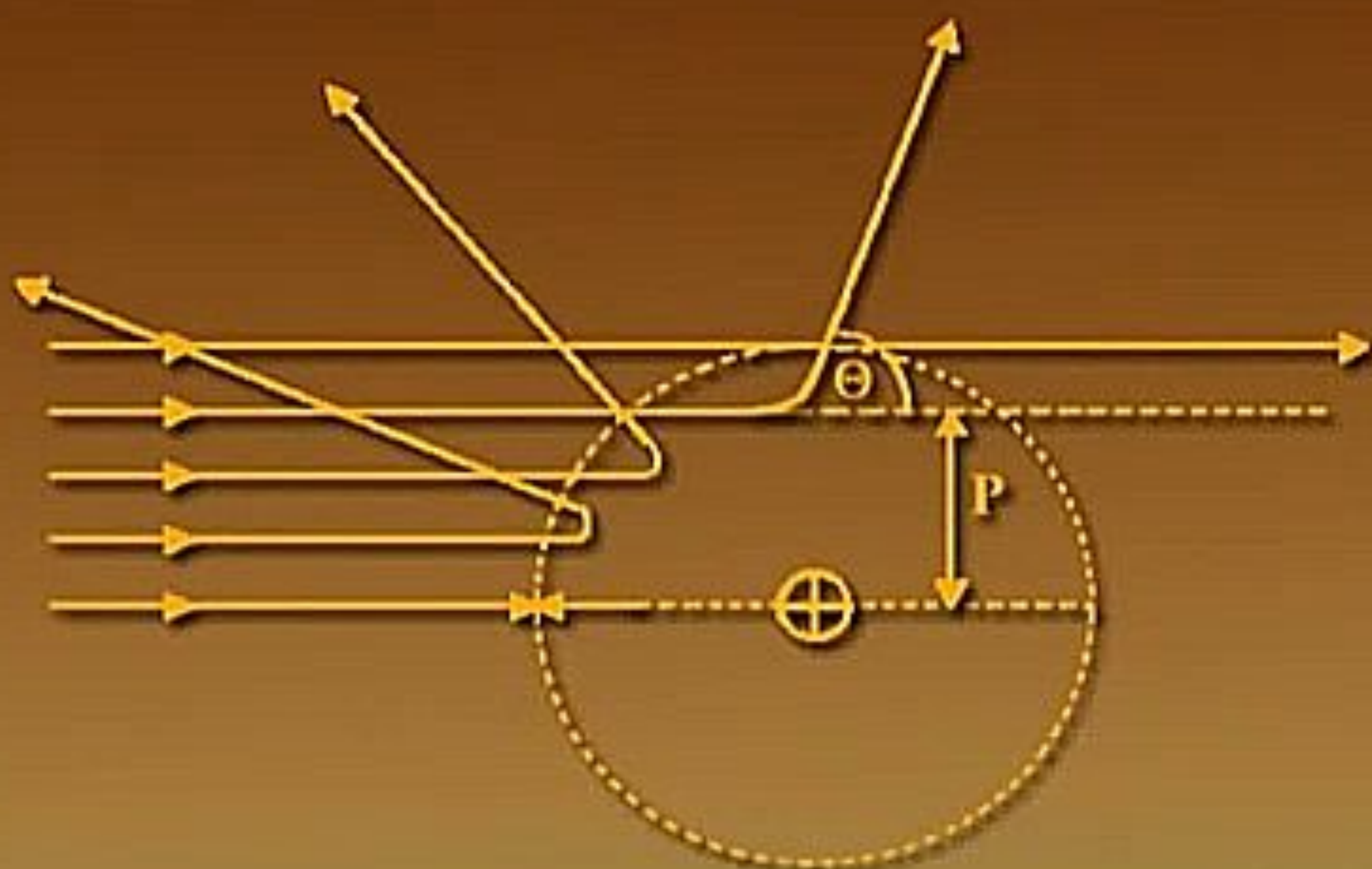
Ядерная модель атома и теория Бора.

Нильс Хенрик Давид Бор
(1885 -1962)

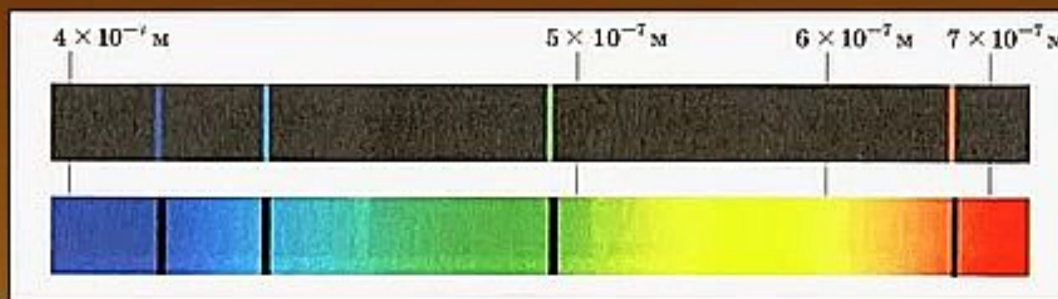
Опыты Резерфорда по рассеянию α-частиц

Эрнест Резерфорд
(1871-1937)

Опыты Резерфорда по рассеянию α-частиц



Линейчатые спектры излучений водородоподобных атомов



4 × 10⁻⁷ м
5 × 10⁻⁷ м
6 × 10⁻⁷ м
7 × 10⁻⁷ м

В 1885 г. Бальмер нашел, что длину волны λ, которая соответствует линиям излучения водорода, расположенным в видимой части спектра, можно вычислить по эмпирической формуле

$$\lambda = B\frac{n^2}{n^2 - 4}$$

Иоганн Якоб Бальмер

1825 - 1898

где вместо n следует подставлять целые числа 3, 4, 5, 6, а B - эмпирическая константа, равная

$$3645{,}6 \cdot 10^{-10}\,\text{м} = 3645{,}6\ \text{Å}$$

Волновое число: $\tilde{\nu} = \dfrac{1}{\lambda}$; $\dfrac{1}{\lambda} = \dfrac{1}{cT} = \dfrac{\nu}{c}$

Тогда формула Бальмера принимает вид:

$$\tilde{\nu} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad (1)$$

R - постоянная Ридберга

($R = 109737{,}309$ см$^{-1}$)

$n = 3, 4, 5, \ldots$

Волновое число: $\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda}$; $\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{cT} = \frac{\nu}{c}$

Тогда формула Бальмера принимает вид:

$$\tilde{\nu} = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad (1)$$

R - постоянная Ридберга

($R = 109737{,}309$ см$^{-1}$)

$n = 3, 4, 5, \ldots$

Iohannes Robert Ridberg (1854-19191) - шведский физик

В ультрафиолетовой части спектра находится

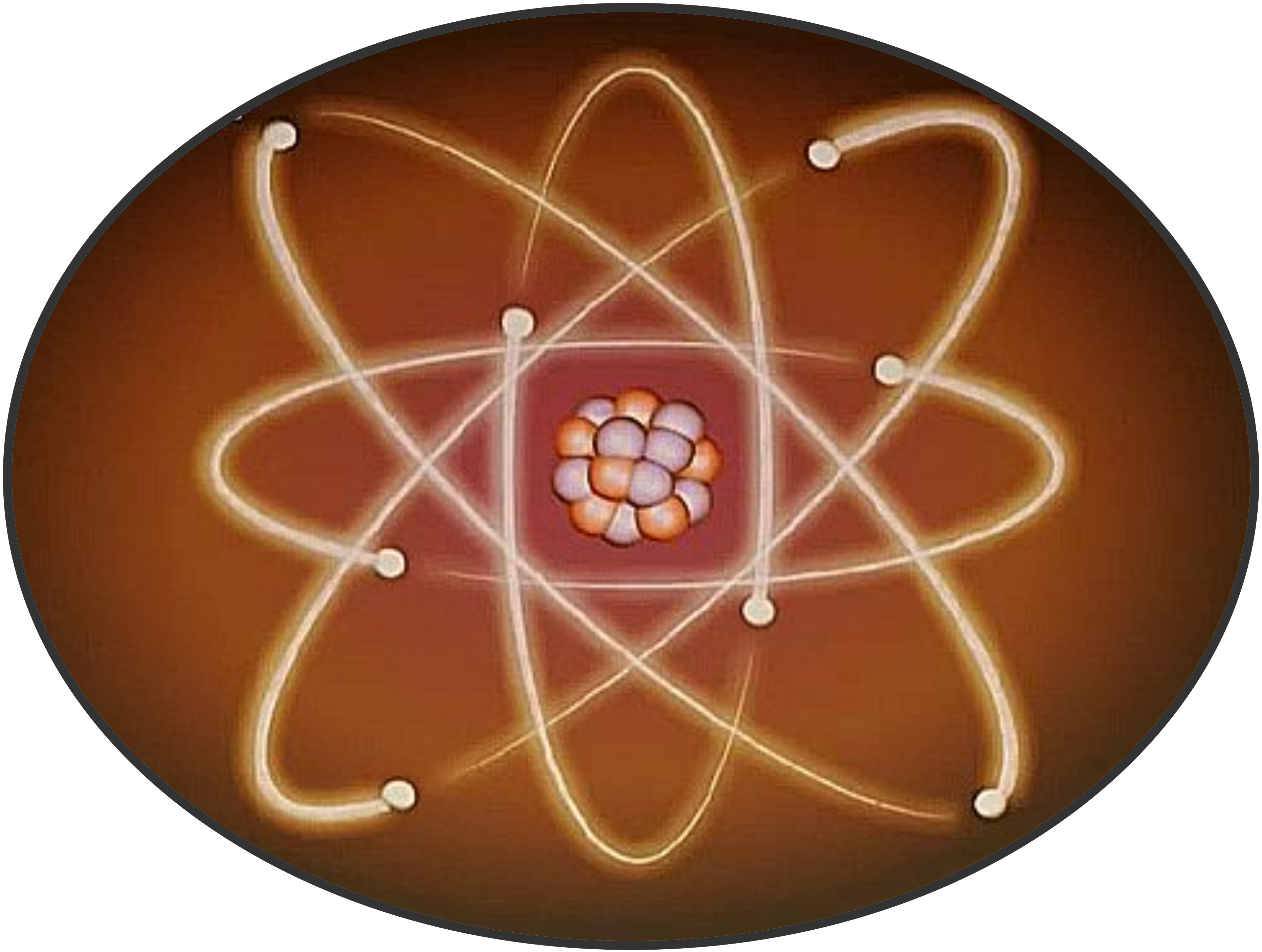
серия Лаймана $\tilde{\nu} = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ $(n = 2,3,4, \ldots)$

Остальные серии лежат в инфракрасной области

серия Пашена $\tilde{\nu} = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ $(n = 4,5,6, \ldots)$

серия Брэкета $\tilde{\nu} = R\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ $(n = 5,6,7, \ldots)$

Основы теории строения атома по Бору



Постулаты Бора

1. Электрон может вращаться вокруг ядра только по таким стационарным орбитам, на которых момент импульса электрона равен целому кратному от $h / 2\pi$

$$mvr_n = n\frac{h}{2\pi} \qquad (2)$$

O
Серия
Лаймана
Серия
Бальмера
L
Серия
Пашена
M
N
M
L
K
1²
2²
3²
4²
5²

Вывод обобщенной формулы для спектров

В атоме водорода электрон будет вращаться по орбите радиуса *r*, так как центростремительная сила, удерживающая электрон на орбите, будет равна кулоновской силе притяжения отрицательного заряда электрона (- e) к положительному заряду (+ e) ядра.

$$\frac{mv^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(e)(e)}{r_n^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r_n^2} \qquad (3)$$

Выражение для кинетической энергии электрона на орбите, полученное из уравнения (3)

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r_n}\right) = \frac{1}{8\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r_n} \qquad (4)$$

Решая (3) совместно с первым постулатом Бора

$$\left(mvr_n = \frac{nh}{2\pi} = n\hbar \quad v = (n\hbar)/(mr_n)\right),$$ получим:

$$v_n = \frac{e^2}{2\varepsilon_0 nh} \qquad r_n = \frac{h^2\varepsilon_0}{\pi m e^2} n^2 = an^2$$

Решая (3) совместно с первым постулатом Бора

$$\left(mvr_n = \frac{nh}{2\pi} = n\hbar \quad v = (n\hbar)/(mr_n)\right),$$ получим:

$$v_n = \frac{e^2}{2\varepsilon_0 nh} \qquad r_n = \frac{h^2\varepsilon_0}{\pi m e^2} n^2 = an^2$$

$$a = \frac{h^2\varepsilon_0}{\pi m e^2} = 5{,}3\cdot 10^{-11}\text{ м}$$ - радиус первой орбиты Бора

Рассмотрим теперь водородоподобные атомы (ионы)

Потенциальная энергия электрона относительно ядра атома с зарядом Ze:

$$E_{пот} = U(e) = \frac{Ze(-e)}{4\pi\varepsilon_0 r_n} = -\frac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r_n}$$

Кинетическая энергия электрона на n - ой орбите (сравним с (4))

$$E_{кин} = \frac{mv^2}{2} = \frac{Ze^2}{8\pi\varepsilon_0 r_n} \qquad (5)$$

Полная энергия электрона
на n-ой орбите:

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

$$E_n = E_{пот} + E_{кин} = -\frac{Ze^2}{8\pi\varepsilon_0 r_n} =$$

$$= -\frac{Z^2 e^4 m}{8 h^2 \varepsilon_0^2} \cdot \frac{1}{n^2} \qquad (6)$$

Главное квантовое число n определяет энергию электрона на орбите. Значения энергии составляют дискретный ряд:

$$E_n = -\frac{1}{n^2} \cdot \frac{Z^2 e^4 m}{8h^2 \varepsilon_0^2}$$

где $n = 1, 2, 3, \ldots$

Энергия кванта, излучаемого водоро-доподобным атомом при переходе с n-ой орбиты на k-ю:

$$h\nu = E_n - E_k = -\frac{Z^2 e^4 m}{8\varepsilon_0^2 h^2 n^2} + \frac{Z^2 e^4 m}{8\varepsilon_0^2 h^2 k^2} =$$

$$= \frac{Z^2 e^4 m}{8\varepsilon_0^2 h^2}\left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad (7)$$

Волновое число: $\tilde{\nu} = \dfrac{1}{\lambda} = \dfrac{h\nu}{hc}$

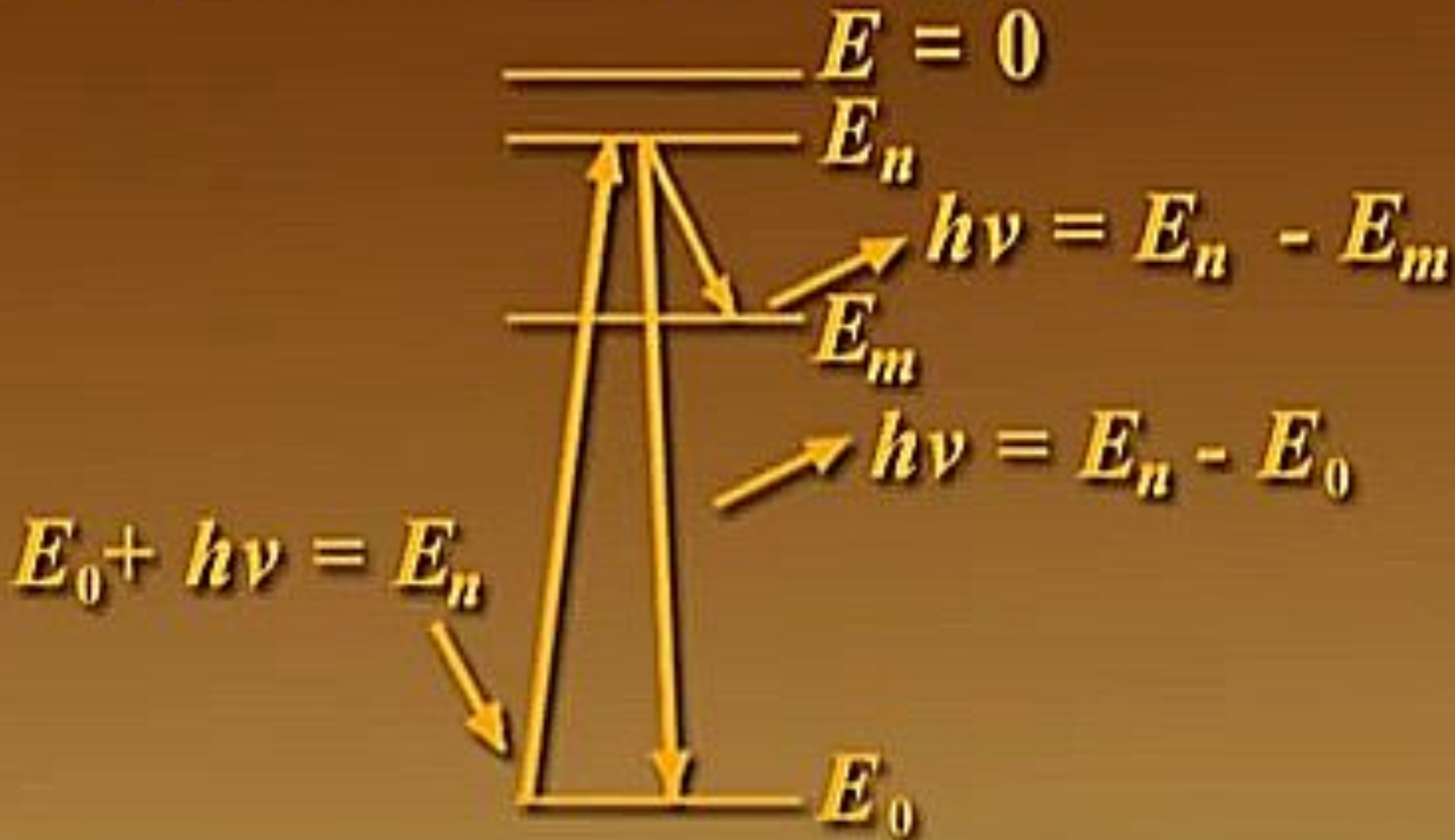
$$\tilde{\nu} = \frac{Z^2 e^4 m}{8\varepsilon_0^2 h^3 c}\left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2}\right) \qquad (8)$$

Постоянная Ридберга:

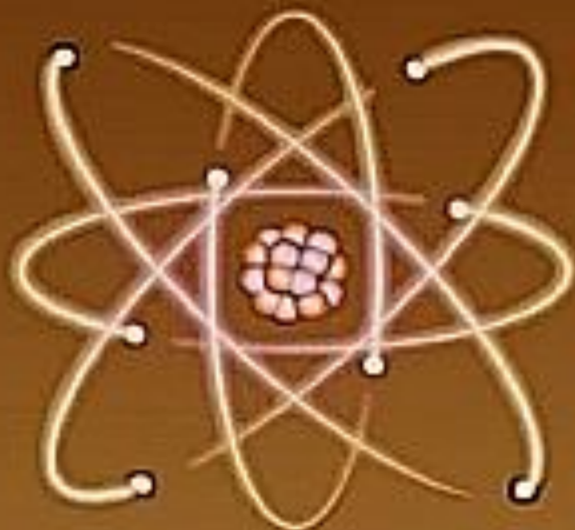
$$R = \frac{Z^2 e^4 m}{8\varepsilon_0^2 h^3 c}$$

$$R_{эксп} = 10967758\ (1/м)$$

При получении энергии извне электрон переходит с самого низкого (основного) на более высокий уровень энергии, откуда возвращается, испуская кванты (порции) излучения. Этим квантам соответствуют отдельные линии спектра.



Ядерная модель атома и теория Бора



Нильс Хенрик Давид Бор
(1885 -1962)