

# ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ АТОМА

# Ядерная модель атома и теория Бора.



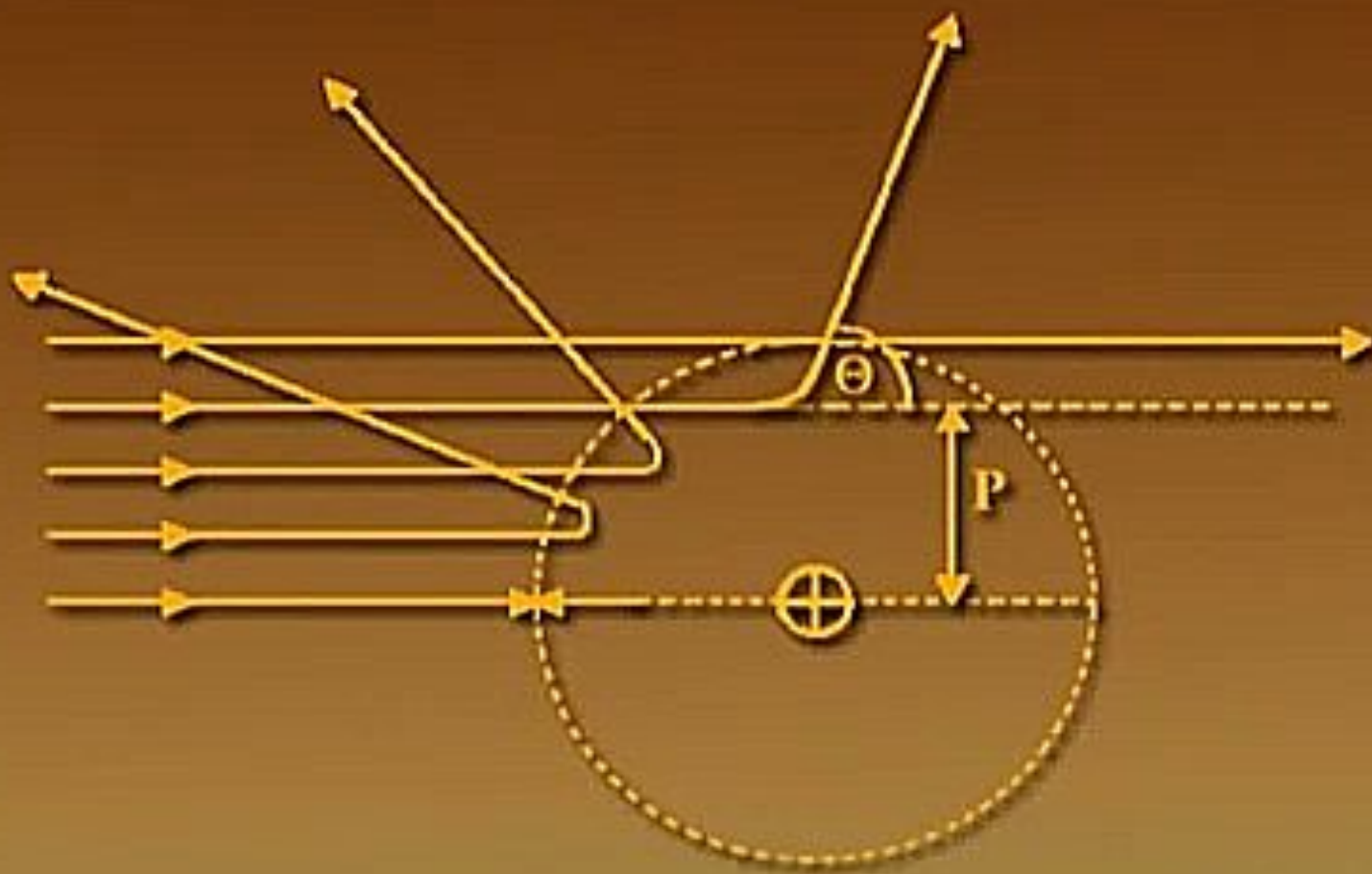
Нильс Хенрик Давид Бор  
(1885 - 1962)

# Опыты Резерфорда по рассеянию $\alpha$ -частиц

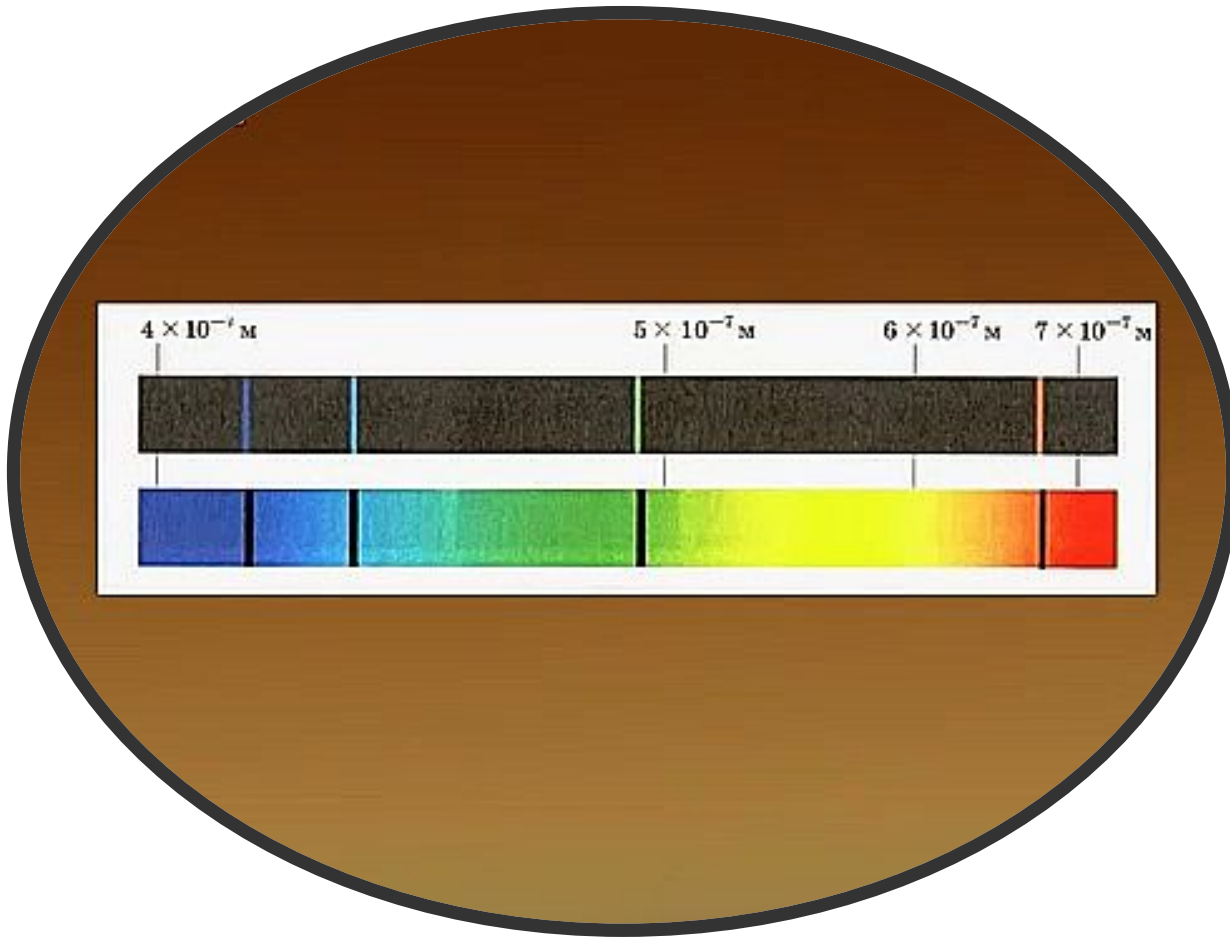


Эрнест Резерфорд  
(1871-1937)

# Опыты Резерфорда по рассеянию $\alpha$ -частиц



**Линейчатые  
спектры излучений  
водородоподобных  
атомов**



В 1885 г.

Бальмер нашел, что длину волны  $\lambda$ , которая соответствует линиям излучения водорода, расположенным в видимой части спектра, можно вычислить по эмпирической формуле

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



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

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

Иоганн Якоб Бальмер

1825 - 1898

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

( $R = 109737,309 \text{ см}^{-1}$ )

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



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  
( $R = 109737,309 \text{ см}^{-1}$ )

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

Johannes Robert Ridberg  
(1854-1919) - шведский  
физик




В ультрафиолетовой части спектра находится

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

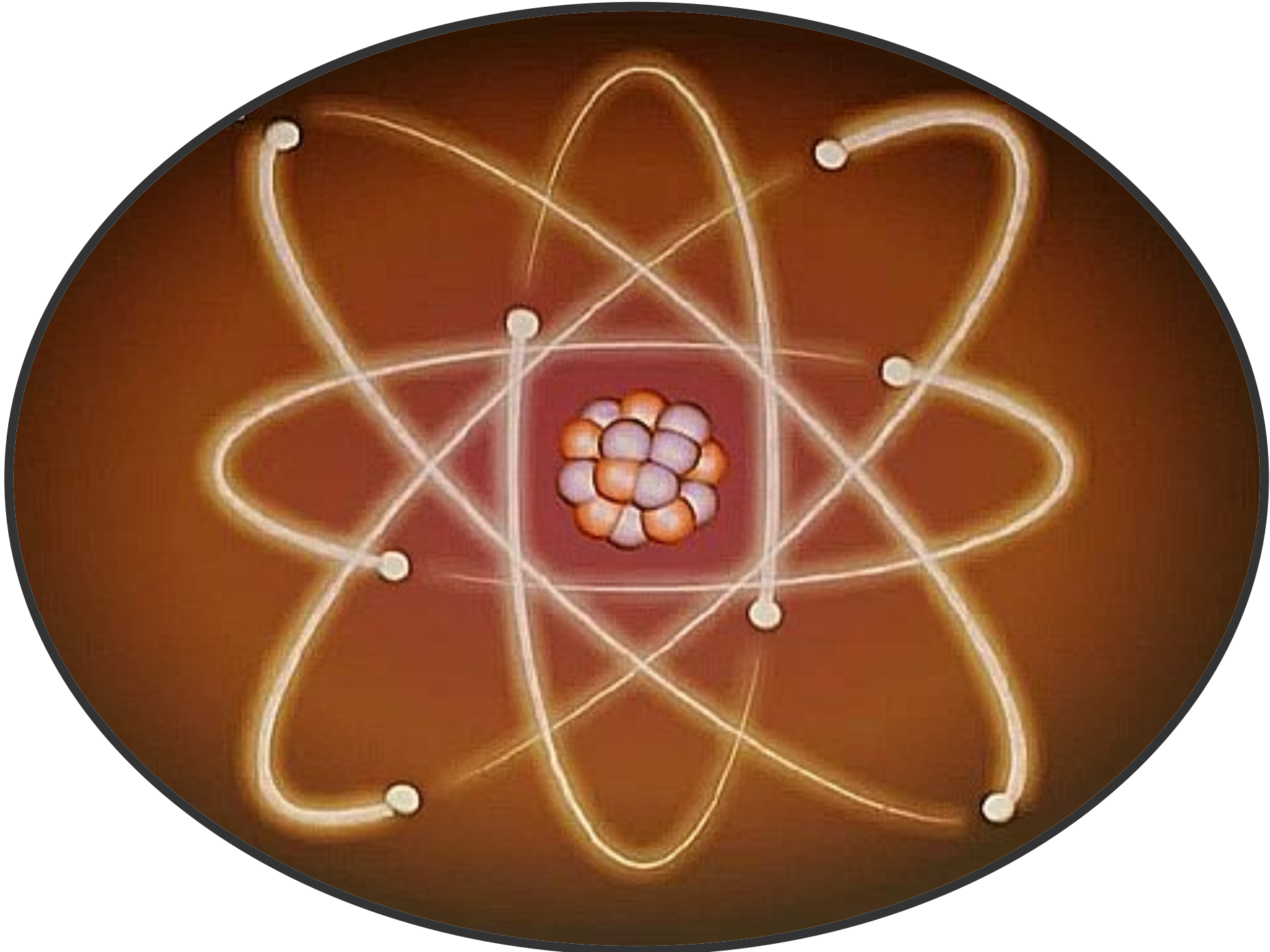
Остальные серии лежат в инфракрасной области

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

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



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  $h / 2\pi$

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



**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.

$$\frac{mv^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(e)(e)}{r_n^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_n^2} \quad (3)$$



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

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_n} \right) = \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r_n} \quad (4)$$

Решая

(3) совместно с первым постулатом

Бора

$\left( m v r_n = \frac{n h}{2\pi} = n \hbar \quad v = (n \hbar) / (m r_n) \right)$ , получим:

$$v_n = \frac{e^2}{2 \epsilon_0 n h}$$

$$r_n = \frac{h^2 \epsilon_0}{\pi m e^2} n^2 = a n^2$$

Решая  
Бора

3) совместно с первым постулатом

$\left( m v r_n = \frac{n h}{2\pi} = n \hbar \quad v = (n \hbar) / (m r_n) \right)$ , получим:

$$v_n = \frac{e^2}{2 \epsilon_0 n h}$$

$$r_n = \frac{h^2 \epsilon_0}{\pi m e^2} n^2 = a n^2$$

$$a = \frac{h^2 \epsilon_0}{\pi m e^2} = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ м} - \text{радиус первой орбиты Бора}$$

Рассмотрим теперь  
водородоподобные атомы (ионы)

Потенциальная энергия электрона  
относительно ядра атома с заря-  
дом  $Ze$ :

$$E_{пот} = U(e) = \frac{Ze(-e)}{4\pi\epsilon_0 r_n} = - \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r_n}$$

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

$$E_{кин} = \frac{mv^2}{2} = \frac{Ze^2}{8\pi\epsilon_0 r_n} \quad (5)$$

Полная энергия электрона  
на n-ой орбите:

$$r_n = \frac{h^2 \epsilon_0}{\pi m Z e^2} n^2$$

$$\begin{aligned} E_n &= E_{\text{пот}} + E_{\text{кин}} = -\frac{Z e^2}{8\pi \epsilon_0 r_n} = \\ &= -\frac{Z^2 e^4 m}{8 h^2 \epsilon_0^2} \cdot \frac{1}{n^2} \quad (6) \end{aligned}$$

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

$$E_n = -\frac{1}{n^2} \cdot \frac{Z^2 e^4 m}{8h^2 \epsilon_0^2}$$

где  $n = 1, 2, 3, \dots$

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

$$\begin{aligned} h\nu &= E_n - E_k = -\frac{Z^2 e^4 m}{8\varepsilon_0^2 h^2 n^2} + \frac{Z^2 e^4 m}{8\varepsilon_0^2 h^2 k^2} = \\ &= \frac{Z^2 e^4 m}{8\varepsilon_0^2 h^2} \left( \frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (7) \end{aligned}$$



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

$$\tilde{\nu} = \frac{Z^2 e^4 m}{8\epsilon_0^2 h^3 c} \left( \frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (8)$$

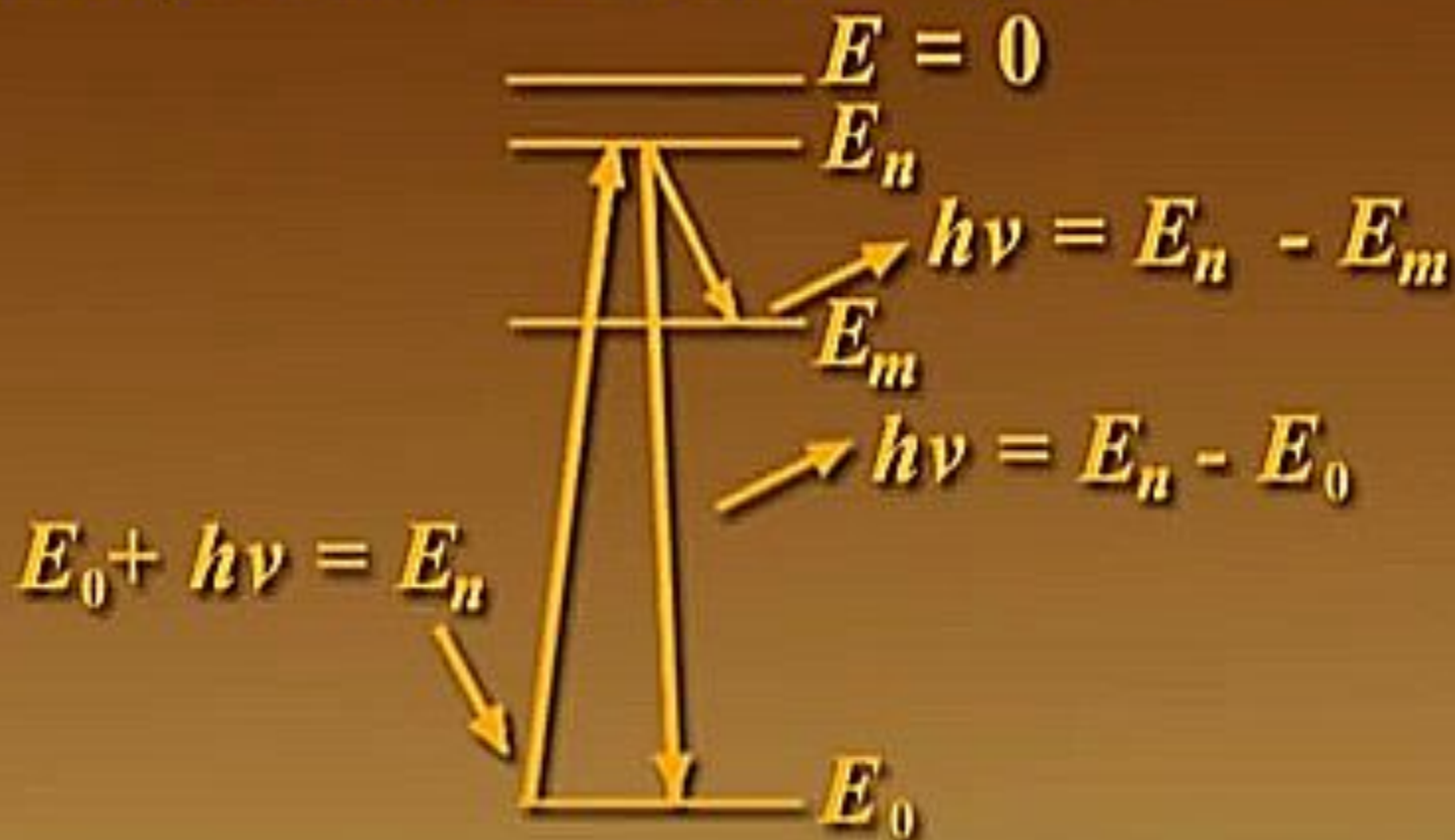
Постоянная Ридберга:

$$R = \frac{Z^2 e^4 m}{8 \epsilon_0^2 h^3 c}$$

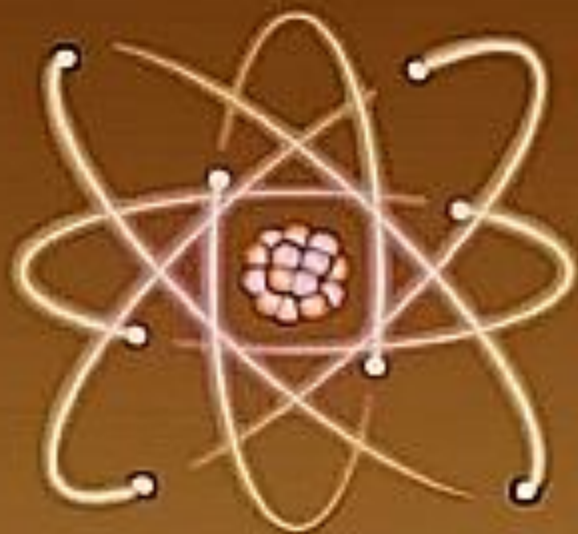
$$R_{\text{эксп}} = 10967758 \text{ (1/м)}$$

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)

