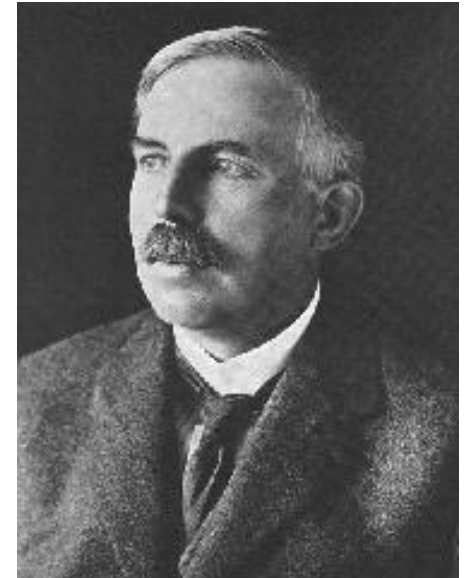


Основи на атомната физика

- Експериментални резултати за спектъра на водородния атом
- Планетарен модел на Ръдърфорд
- Модел на Бор
 - Постулати на Бор
 - *Радиуси на стационарните орбити*
 - *Енергии на стационарните орбити*
 - Обяснение на експерименталните резултати за спектъра на водородния атом чрез модела на Бор



Експериментални резултати за спектъра на водородния атом

- *Емисионният спектър* на водородния атом се състои от отделни спектрални линии с различни честоти
 - Честотите на линиите във *видимата* част на спектъра на водородния атом се описват от формулата, предложена от Балмер, 1885 г.:

$$\nu = R\left(1/n^2 - 1/m^2\right); R = 3,29 \cdot 10^{15} [1/s]; n = 2, m = 3, 4, 5, \dots$$

където, R се нарича *константа на Ридберг*.

- *Спектрална серия на Лайман* - ултравиолетовата област:

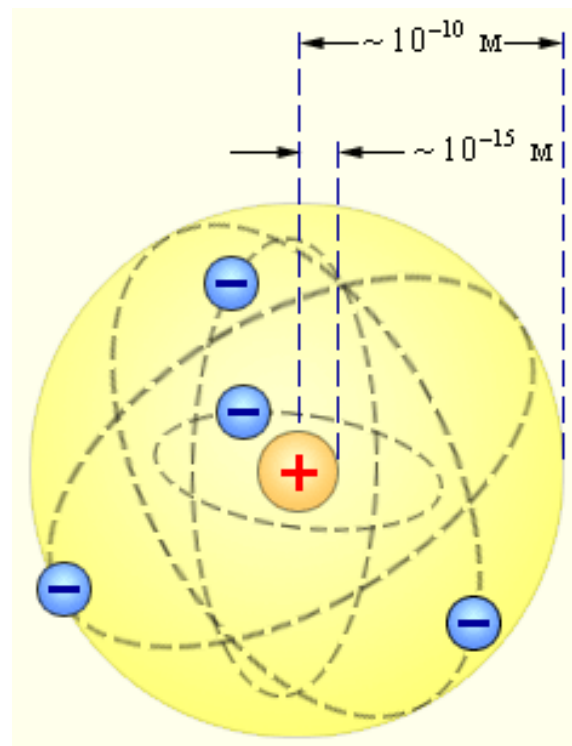
$$n = 1, m = 2, 3, 4, \dots$$

- *Спектрална серия на Пашен* - инфрачервената област:

$$n = 3, m = 4, 5, 6, \dots$$

Планетарен модел на Ръдърфорд

- Положителния заряд на атома и практически цялата му маса са концентрирани в *атомно ядро*:
 - Броят на положителните заряди в ядрото е равен на *поредния номер на елемента* в периодичната система на Менделеев
- Електроните се въртят около ядрото, образувайки *електронна обвивка на атома* (планетарен модел)
- Между електроните и ядрото действуват кулонови сили, които са и центроостремителни
- Атомът като цяло е *електронеутрален*



Електронът се върти около ядрото, следователно се *движи с ускорение* и трябва да *излъчва електромагнитна енергия*. Движението е *нестабилно*! Спектъра на излъчване би следвало да бъде *непрекъснат*!

Енергия на електрона на кръгова орбита

- *Центростремителната сила е равна на Кулоновата сила:*
- *Кинетична енергия на електрона*
- *Потенциална енергия на електрона и ядрото*
- *Пълната енергия на електрона на кръгова орбита с радиус r около ядрото*
 - *Отрицателният знак на пълната енергия означава, че електронът е свързан!*
 - *За да напусне атома, пълната енергия на електрона трябва да стане равна на нула! Необходима е допълнителна енергия!*
 - *Класическата теория позволява всяка стойност на енергията!*

$$m_e u^2 / r = k e^2 / r^2$$

$$E_K = m_e u^2 / 2 = k e^2 / 2r$$

$$E_P = -k e^2 / r$$

$$E = E_K + E_P = -k e^2 / 2r$$

Атомен модел на Бор - постулати на Бор

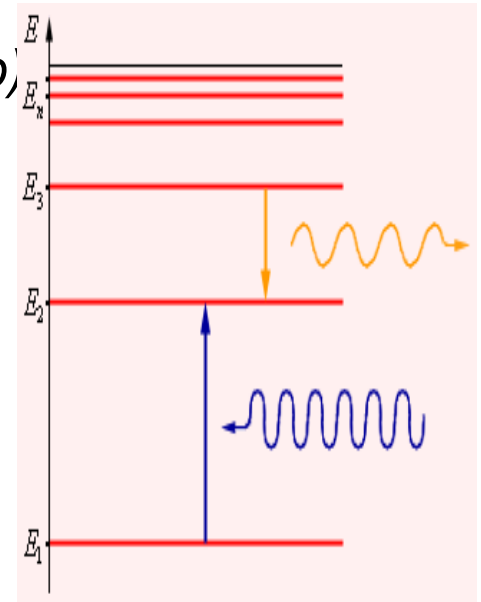
- *Постулат на стационарните състояния* - атомът съществува в *стационарни състояния*, в които електроните се движат по *стационарни орбити* без да излъчват електромагнитна енергия, независимо, че се движат с ускорение.
- *Правило на квантуване на стационарните орбити (механично условие на Бор)* – орбити за които, моментът на импулса на електрона спрямо центъра на атома е цяло кратно на \hbar :

$$r m_e v = n \hbar, n = 1, 2, 3, \dots$$

- *Правило на честотите (оптично условие на Бор)*,
- при преход на електрона от една *стационарна орбита* на друга се излъчва (поглъща) *квант електромагнитно лъчение* с енергия:

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

където E са енергиите на съответните *стационарни орбити*.



Втори постулат на Бор

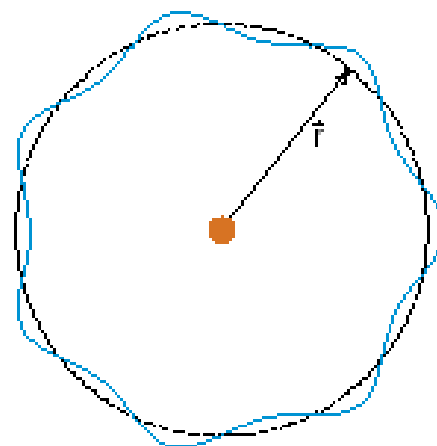
- Правило на квантуване на стационарните орбити -(механично условие на Бор): стационарни орбити – орбити за които, моментът на импулса на електрона спрямо центъра на атома е цяло кратно на \hbar :

$$rm_e u = n\hbar, n = 1, 2, 3, \dots; \hbar = h/2\pi, h = 6,626 \cdot 10^{-34} [J \cdot s]$$

квант на момента на импулса

- На кръговата стационарна орбита трябва да се съдържат цяло число дължини на вълната на дьо Бройл на електрона

$$\begin{aligned} rm_e u &= n h / 2\pi \Rightarrow 2\pi r m_e u = n h \\ \Rightarrow 2\pi r &= n h / m_e u = n (h / p) = n \lambda \end{aligned}$$



Извод на изрази за радиусите на стационарните орбити

- Извод на израз за радиусите на стационарните орбити:

$$\frac{m_e u^2}{r} = k \frac{e^2}{r^2} \Rightarrow r = k \frac{e^2}{m_e u^2}$$

$$rm_e u = n\hbar \Rightarrow u = n\hbar / (rm_e)$$

$$r = k \frac{e^2}{m_e} \left(\frac{rm_e}{n\hbar} \right)^2 \Rightarrow r_n = n^2 \frac{\hbar^2}{ke^2 m_e} = n^2 r_1 = n^2 a_0, n = 1, 2, \dots$$

- Радиуси на стационарните орбити на електрона:*

$$r_n = n^2 r_1$$

$$r_1 = \hbar^2 / (ke^2 m_e) \approx 0,528 \cdot 10^{-10} m$$

Извод на изрази за енергиите на електрона на стационарните орбити

- Изразите за енергиите на електрона на стационарните орбити:

$$E_n = -\frac{1}{2}k \frac{e^2}{r_n} = -\frac{1}{2}k \frac{e^2}{n^2 r_1} = -\frac{1}{n^2} \frac{(ke^2)^2 m_e}{2\hbar^2}$$

- Енергии на електрона на стационарните орбити:

$$E_n = E_1/n^2; E_1 = -(ke^2)^2 m_e / (2\hbar^2) \approx -13,55$$

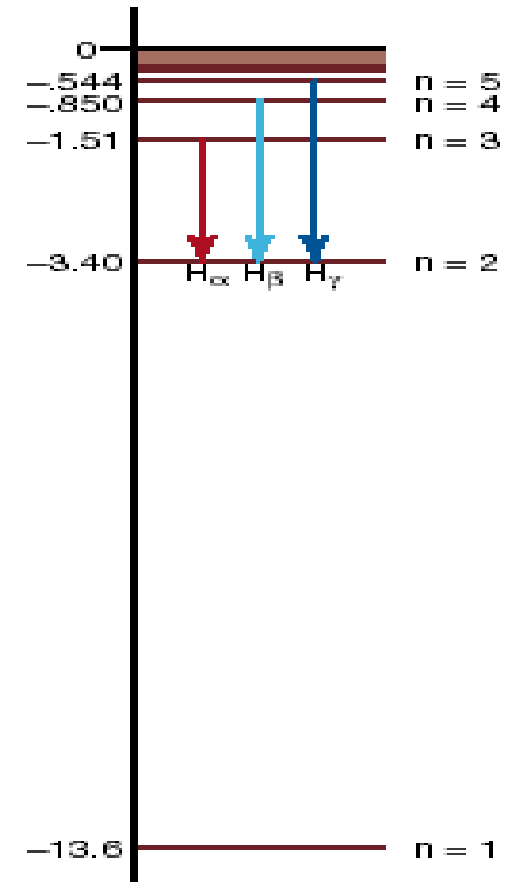
Квантовото число n номерира енергетичните нива:

$$n = 4 \Rightarrow E_4 = E_1/4^2 = -0,85eV$$

$$n = 3 \Rightarrow E_3 = E_1/3^2 = -1,51eV$$

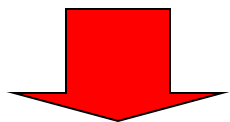
$$n = 2 \Rightarrow E_2 = E_1/2^2 = -3,4eV$$

$$n = 1 \Rightarrow E_1 = E_1/1^2 = -13,55eV$$



Резултати за спектъра на водородния атом – Балмерова серия

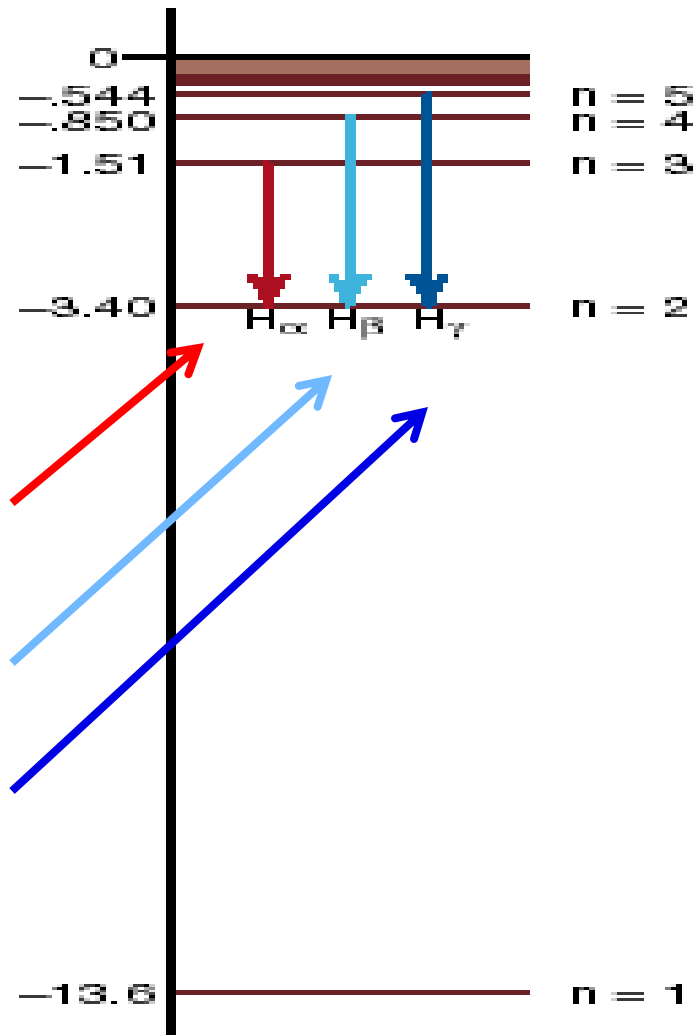
$$h \nu_{mn} = E_m - E_n$$



$$h\nu_{32} = E_3 - E_2 = 1,89eV$$

$$h\nu_{42} = E_4 - E_2 = 2,55eV$$

$$h\nu_{52} = E_5 - E_2 = 2,86eV$$



Модел на Бор и експерименталните резултати за спектъра на водородния атом

- Заместваме с израза за енергията на електрона на стационарните орбити в третия постулат на Бор:

$$m > n$$

$$\nu = (E_m - E_n)/h = (E_1/h)(1/m^2 - 1/n^2) = R(1/n^2 - 1/m^2)$$

$$\Rightarrow R = -E_1/h = \frac{2,17 \cdot 10^{-18} [J]}{6,626 \cdot 10^{-34} [J \cdot s]} = 3,29 \cdot 10^{15} [1/s]$$

Изводи:

- Моделът на Бор определя константата на Ридберг.
- Моделът на Бор обяснява честотите на линиите от емисионния спектър на водородния атом!

Модел на Бор и експерименталните резултати за спектъра на водородния атом

$$m > n$$

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

$$R = 3,29 \cdot 10^{15} [1/s]$$

Серия на Балмер:
видима светлина $n = 2, m = 3, 4, 5, \dots$

Серия на Пашен:
инфрачервена
светлина $n = 3, m = 4, 5, 6, \dots$

Серия на Лайман:
ултравиолетово
лъчение

$$n = 1, m = 2, 3, 4, \dots$$

