

## Атом водорода в теории Бора. Основные понятия и формулы.

Согласно теории Бора, существуют стационарные состояния атома, в которых он не излучает энергию. При этом электрон движется по круговой стационарной орбите.

По второму закону Ньютона для электрона  $\vec{F}_{эл} = m\vec{a}_n$ ,

$$m \frac{v_n^2}{r_n} = \frac{kZe^2}{r_n^2}.$$

Согласно правилу квантования орбит момент импульса электрона кратен  $\hbar$ :

$$mv_n r_n = n\hbar = n \frac{h}{2\pi},$$

где  $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с – постоянная Планка;  $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34}$  Дж·с;

$Z$  – заряд ядра;  $m$  – масса электрона;  $e$  – заряд электрона;  $r_n$  – радиус  $n$ -ной орбиты электрона;  $v_n$  – его скорость на этой орбите,  $n = 1, 2, 3 \dots$  – главное квантовое число.

Обобщенная формула Бальмера, описывающая серии в спектре атома водорода:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = R_c Z^2 \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right) \quad \text{или} \quad \nu = R' \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right),$$

где  $\nu$  – частота спектральных линий в спектре атома водорода;

$R = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2 c} = 1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$  – постоянная Ридберга;  $R' = R \cdot c = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$  –

также постоянная Ридберга;  $c$  – скорость света в вакууме;  $Z$  – заряд ядра;  $\frac{1}{\lambda}$  –

волновое число;  $\lambda$  – длина волны излучения;  $n$  – определяет серию ( $n = 1, 2, 3, \dots$ );  $k$  – определяет отдельные линии соответствующей серии ( $k = n + 1, n + 2, \dots$ );  $n = 1$  – серия Лаймана,  $n = 2$  – серия Бальмера,  $n = 3$  – серия Пашена,  $n = 4$  – серия Брэкета,  $n = 5$  – серия Пфунда,  $n = 6$  – серия Хэмфри.

Спектральные линии характеристического рентгеновского излучения:

$$\frac{1}{\lambda} = R(Z - a)^2 \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right),$$

где  $a$  – постоянная экранирования;  $R$  – постоянная Ридберга;  $n, k$  – целые,  $k > n$ ;  $\lambda$  – длина волны излучения.

*Первый постулат Бора:* в атоме существуют стационарные орбиты, на которых электрон не излучает и не поглощает энергию.

*Второй постулат Бора:* излучение или поглощение в виде кванта с

энергией  $h\nu$  происходит при переходе электрона из одного стационарного состояния в другое. Величина энергии кванта равна разности энергий тех стационарных состояний, между которыми совершается переход:

$$h\nu = \hbar\omega = E_n - E_k,$$

где  $h$  – постоянная Планка;  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ ;  $\nu$  – частота излучения;  $\omega = 2\pi\nu$  –

круговая частота;  $E_n, E_k$  – энергетические уровни с квантовыми числами  $n$  и  $k$  (т.е. энергии стационарных состояний атома соответственно до и после излучения (поглощения)).

Радиус  $n$ -ной стационарной орбиты в боровской модели атома водорода

$$r_n = \frac{\hbar^2 4\pi\epsilon_0}{m_e e^2} n^2 = r_1 n^2 \quad (n=1, 2, 3 \dots),$$

где  $\hbar$  – постоянная Планка;  $\epsilon_0$  – электрическая постоянная;  $m_e$  – масса электрона;  $e$  – элементарный заряд;  $r_1$  – первый боровский радиус.

Первый боровский радиус

$$r_1 = a = \frac{\hbar^2 4\pi\epsilon_0}{m_e e^2} = 52,8 \text{ пм.}$$

Энергия электрона на  $n$ -ной стационарной орбите для водородоподобного атома

$$E_n = -\frac{1}{n^2} \frac{Z m_e e^4}{8h^2 \epsilon_0^2} = -\frac{13,6}{n^2} \text{ эВ} \quad (n=1, 2, 3, \dots),$$

где  $Z$  – заряд ядра;  $\epsilon_0$  – электрическая постоянная;  $m_e$  – масса электрона;

$e$  – заряд электрона; 13,6 эВ – энергия электрона на первой боровской орбите.