

*Атом водорода по Бору.
Квантовые постулаты.*

© В.Е. Фрадкин, А.М.Иконников, 2004

Спектр водорода

A dark horizontal bar representing the visible spectrum of hydrogen. It features several vertical lines of different colors: purple, blue, green, and orange. The letter 'H' is centered on the bar.

H

И. Бальмер (1885г.)

Экспериментальные данные

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

$n=3, 4, 5$ и т.д., $R= 3,210^{15}$ ·Гц

R - "постоянная Ридберга"

Ф. Пашен

Экспериментальные данные

$$\nu = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

n = 4, 5 и т.д.

Т. Лайман

Экспериментальные данные

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

n = 2, 3, 4, 5 и т.д.

Первый постулат Бора

(постулат стационарных состояний)

**Атомная система может
находиться только в особых
стационарных или *квантовых*
состояниях, каждому из которых
соответствует определенная
энергия W_n .**

**В стационарных состояниях атом
не излучает.**

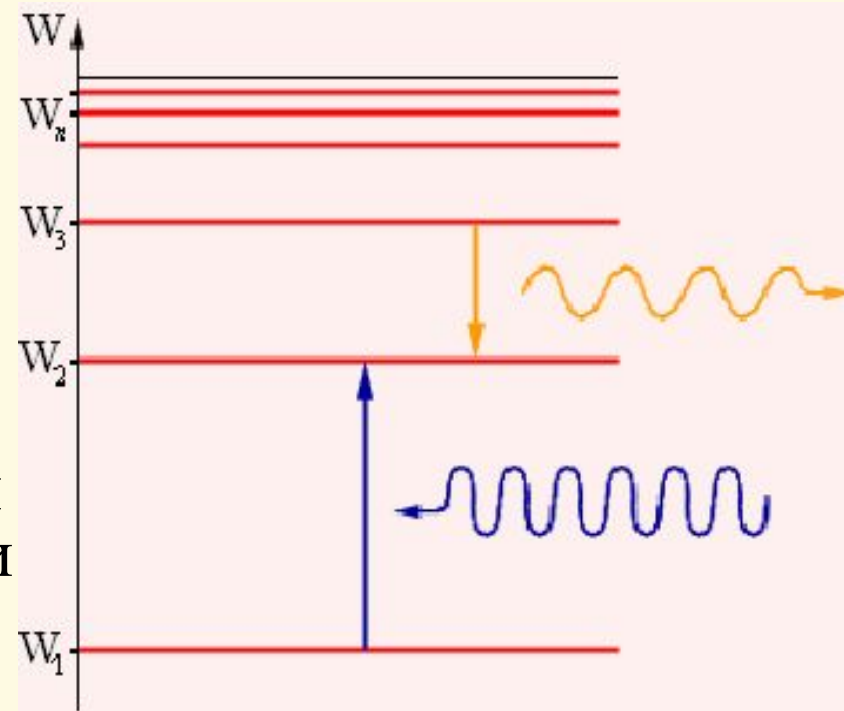
Энергетические уровни

Первый постулат Бора:
атом характеризуется системой
энергетических уровней,
каждый из которых
соответствует определенному
стационарному состоянию.

Всем стационарным состояниям
соответствуют значения энергии
 $W_n < 0$.

При $W_n \geq 0$ электрон удаляется
от ядра (ионизация).

Величина $|W_1|$ называется
энергией ионизации.



Состояние с
энергией W_1
называется
основным

состоянием атома.

Второй постулат Бора (правило частот):

при переходе атома

из одного стационарного состояния с энергией W_n

в другое стационарное состояние с энергией W_k

излучается или поглощается квант, энергия которого равна разности энергий стационарных состояний:

$$h\nu_{nk} = W_n - W_k$$

Правило квантования (отбора орбит)

Момент импульса

Постоянная Планка

$$[m v r] = k_2 \cdot \frac{M}{c} \cdot M$$

$$[h] = [W \cdot t] = k_2 \cdot \frac{M}{c} \cdot M$$

Момент импульса электрона, вращающегося вокруг ядра, может принимать только дискретные значения, кратные постоянной Планка.

Для круговых орбит:

$$m_e v_n r_n = n \frac{h}{2\pi} = n \square$$

Атом водорода по Н.Бору

По правилу квантования:

$$m_e v_n r_n = n \hbar \quad v_n = \frac{n \hbar}{m_e r_n}$$

$$F_{\text{Кукул}} = \frac{k m_e e^2}{r_n^2} = \frac{m_e v_n^2}{r_n}$$

Расчет спектра атома водорода

$$F_{\text{кул}} = k \frac{e^2}{r_n^2} = m_e \frac{v_n^2}{r_n} \quad v_n = \left(\frac{n^2}{m_e r_n} \right)^2$$

$$= m_e \frac{\quad}{r_n}$$

Расчет атома водорода

$$m_e \frac{n^2 \hbar^2}{m_e^2 r_n^2} \frac{1}{r_n} = k \frac{e^2}{r_n^2}$$

$$\frac{n^2 \hbar^2}{m_e} \frac{1}{r_n} = k e^2 \quad r_n = \frac{n^2 \hbar^2}{m_e k e^2}$$

Кинетическая энергия атома водорода

$$W_n = W_n^{(\text{кин})} + W_n^{(\text{пот})}$$

$$W_n^{(\text{кин})} = \frac{m_e v_n^2}{2} \quad v_n = \frac{ke^2}{n\hbar}$$

$$W_n^{(\text{кин})} = \frac{m_e k^2 e^4}{2n^2 \hbar^2}$$

Потенциальная энергия атома водорода

$$W_n^{(nom)} = -\frac{ke^2}{r_n}$$

$$r_n = \frac{n^2 \hbar^2}{ke^2 m_e}$$

$$W_n^{(nom)} = -\frac{k^2 e^4 m_e}{n^2 \hbar^2}$$

Энергия атома водорода

$$\begin{aligned}
 W_n^{(пот)} &= - \frac{m_e k^2 e^4}{n^2} \\
 W_n &= W_n^{(кин)} + W_n^{(пот)} = \frac{m_e k^2 e^4}{2n^2} - \frac{m_e k^2 e^4}{n^2} = - \frac{m_e k^2 e^4}{2n^2} \\
 W_n &\sim \frac{1}{n^2}
 \end{aligned}$$

Формула И.Ридберга (1890)

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

Для серии Бальмера

$$m = 2, n = 3, 4, 5, \dots$$

Для ультрафиолетовой серии Лаймана

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

Постоянная Ридберга

$$W_n = -\frac{k^2 e^4 m_e}{2\hbar^2} \frac{1}{n^2}$$

$$R = \frac{k^2 e^4 m_e}{2\hbar^2} = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$$

Спектр атома водорода

