

*Атом водорода по Бору.  
Квантовые постулаты.*

© В.Е. Фрадкин, А.М.Иконников, 2004

# Спектр водорода

A horizontal black bar representing the spectrum of hydrogen. It features several vertical lines of different colors: a blue line on the far left, a purple line, a green line, and an orange line on the far right. Small black tick marks are visible along the top edge of the bar.

Н

**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.**

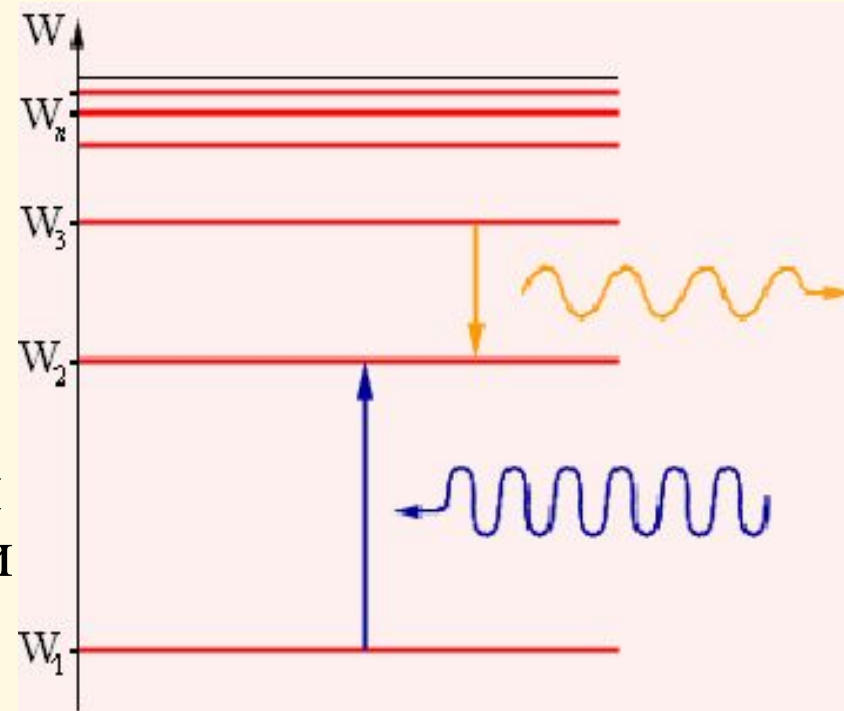
# Энергетические уровни

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

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

$$W_n = W_n^{(кин)} + W_n^{(пот)}$$

$$W_n \sim \frac{1}{n^2}$$

# 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

