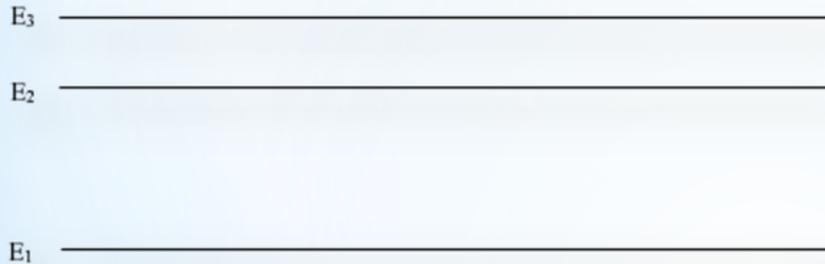


# Теория атома водорода по Бору

Выполнила :Студентка  
2 курса 213 группа  
Института химии  
Рудник Е.С.

# Постулаты Бора

**Первый постулат Бора:** атомная система может находиться только в особых стационарных, или квантовых, состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия  $E_n$ . В стационарном состоянии атом не излучает.



Постулат находится в противоречии с классической механикой (Энергия движущихся электронов может быть любой), с электродинамикой Максвелла, т.к. допускает возможность ускоренного движения без излучения электромагнитных волн.

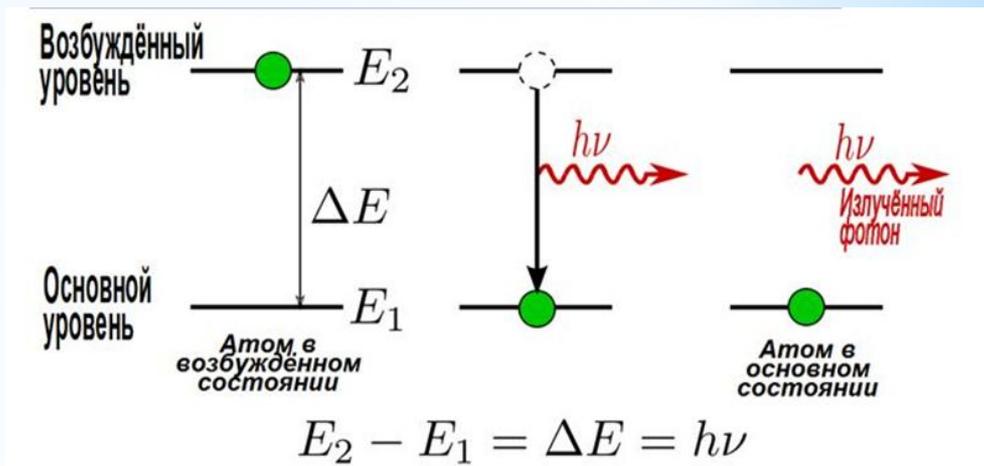
Нильс Бор  
1885-1962

**Второй постулат Бора:** излучение света происходит при переходе атома из стационарного состояния с большей энергией  $E_k$  в стационарное состояние с меньшей энергией  $E_n$ . Энергия излученного фотона равна разности энергий стационарных состояний.

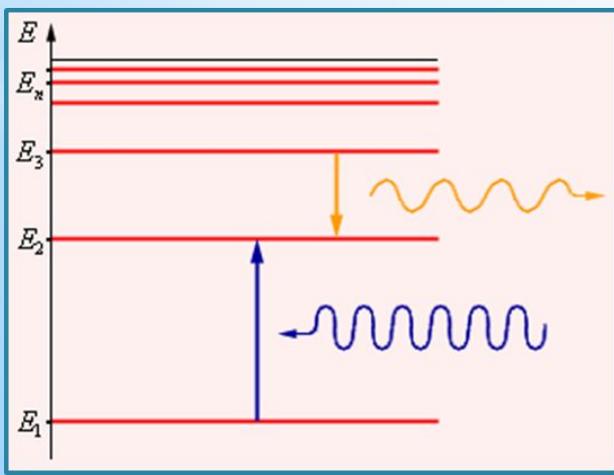
$$h\nu_{kn} = E_k - E_n$$



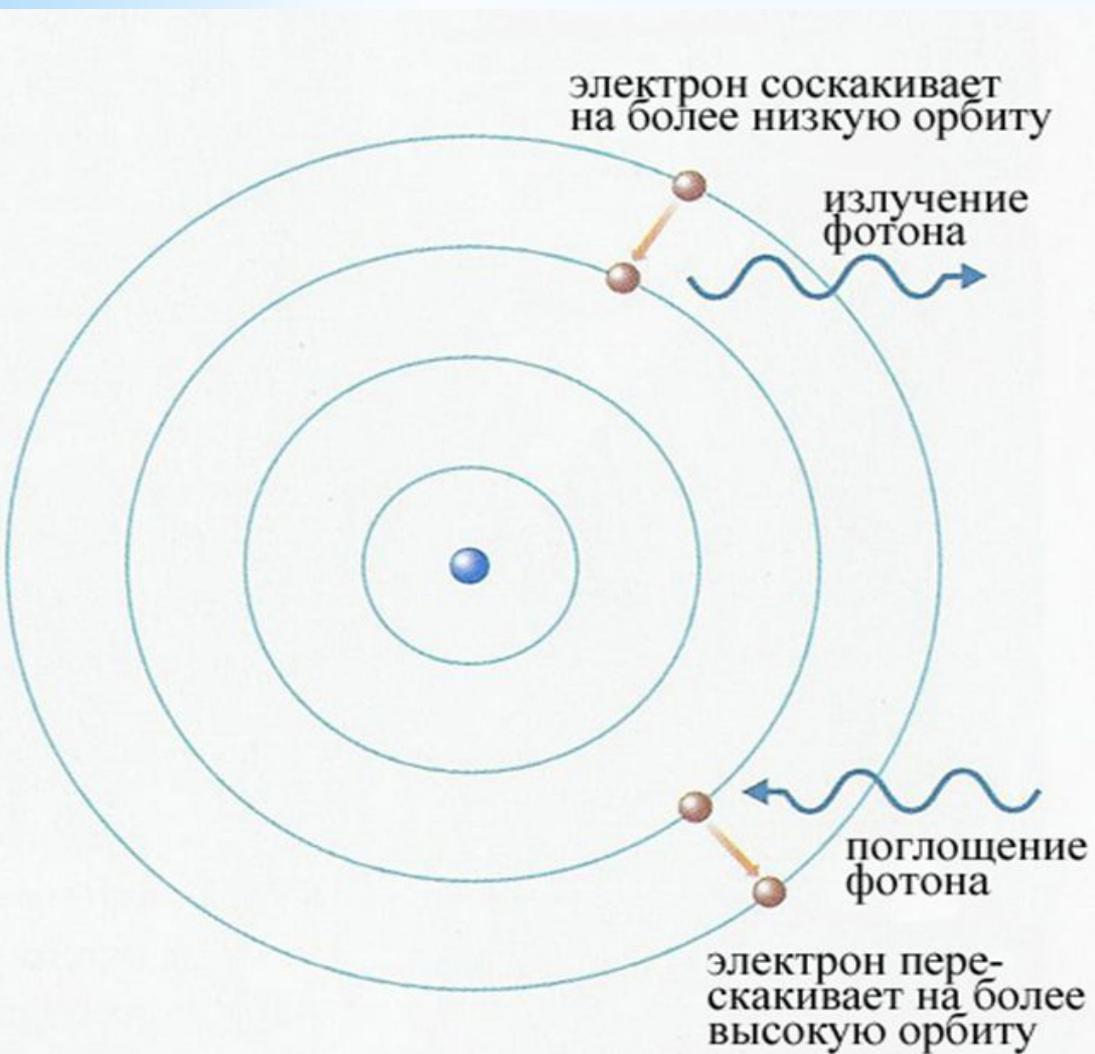
$$\nu_{kn} = \frac{E_k - E_n}{h} = \frac{E_k}{h} - \frac{E_n}{h}$$



При поглощении света атом переходит из стационарного состояния с меньшей энергией в стационарное состояние с большей энергией, при излучении - из стационарного с большей энергией в стационарное состояние с меньшей энергией. Второй постулат противоречит электродинамике Максвелла, т.к. частота излученного света свидетельствует не об особенностях движения электрона, а лишь об изменении энергии атома



**Поглощение света** - процесс, обратный излучению. Атом, поглощая свет, переходит из низших энергетических состояний в высшие. При этом он поглощает излучение той же самой частоты, которую излучает, переходя из высших энергетических состояний в низшие.



# Модель атома водорода по Бору

Модель атома водорода по Бору

$$W_p = -\frac{e^2}{r}$$

- потенциальная энергия взаимодействия электрона с ядром в абсолютной системе единиц.  
e - модуль заряда электрона, r - расстояние от электрона до ядра.

Произвольная постоянная, с точностью до которой определяется потенциальная энергия, принята равной нулю.

$W_p < 0$ , так как взаимодействующие частицы имеют заряды противоположных знаков.

$E = E_{\text{кин}} + W_p$  - полная энергия атома.

$$E = \frac{mv^2}{2} - \frac{e^2}{r}$$

$a_{\text{ц.с.}} = \frac{v^2}{r}$  - центростремительное ускорение по второму закону Ньютона сообщает электрону на орбите кулоновская сила.

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{e^2}{r^2} \quad \Rightarrow \quad v^2 = \frac{e^2}{mr}$$

$$E = \frac{me^2}{2mr} - \frac{e^2}{r} = -\frac{e^2}{2r}$$

$$E = -\frac{e^2}{2r}$$

# Правило квантования

Из первого постулата Бора энергия может принимать только определенное значение  $E_n$ .

Электрон движется по круговой орбите, то

$$\left. \begin{array}{l} mv - \text{модуль импульса } \bar{e} \\ r - \text{радиус орбиты} \end{array} \right\} \text{не меняются}$$

$mvr$  - момент импульса в механике

$$[\hbar] = \text{Дж} \cdot \text{с} - \text{Постоянная Планка.}$$

$$\text{Бор} \Rightarrow [mvr] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} \cdot \text{м} = \text{Дж} \cdot \text{с} = [\hbar]$$

Бор предположил, что произведение модуля импульса на радиус орбиты кратно постоянной Планка.

# Радиусы орбит

$$\left. \begin{array}{l} mrv^2 = e^2 \\ mrv = n\hbar \end{array} \right\} \Rightarrow r_n = \frac{\hbar^2 n^2}{me^2} - \text{радиусы орбит}$$

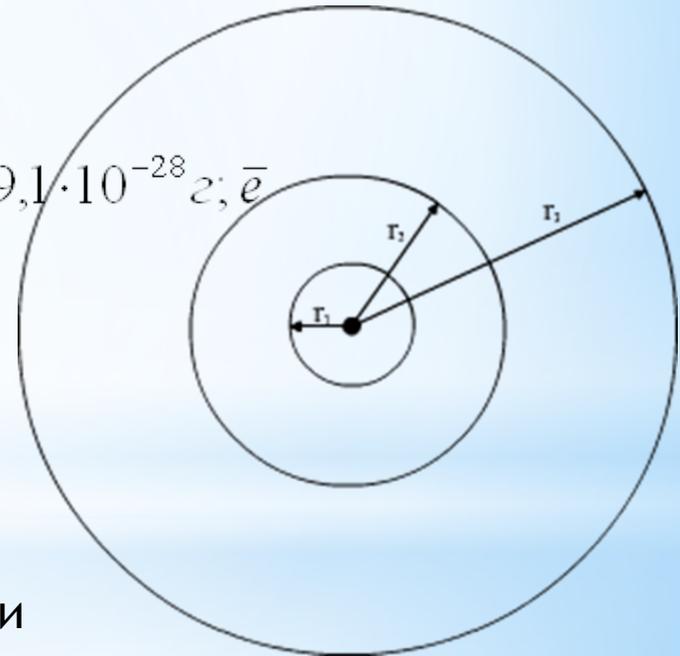
Радиусы боровских орбит меняются дискретно с изменением числа  $n$ .

Значения электронных орбит определяют:  $\hbar; m_e = 9,1 \cdot 10^{-28} \text{ г}; \bar{e}$

Наименьший радиус орбиты:

$r_1$ , где  $n = 1$

$$r_1 = \frac{\hbar^2}{me^2} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ см} - \text{радиус атома водорода.}$$



Размеры атома определяются квантовыми законами (радиус пропорционален квадрату постоянной Планка). Классическая теория не может объяснить, почему атом имеет размеры порядка  $10^{-8}$  см.

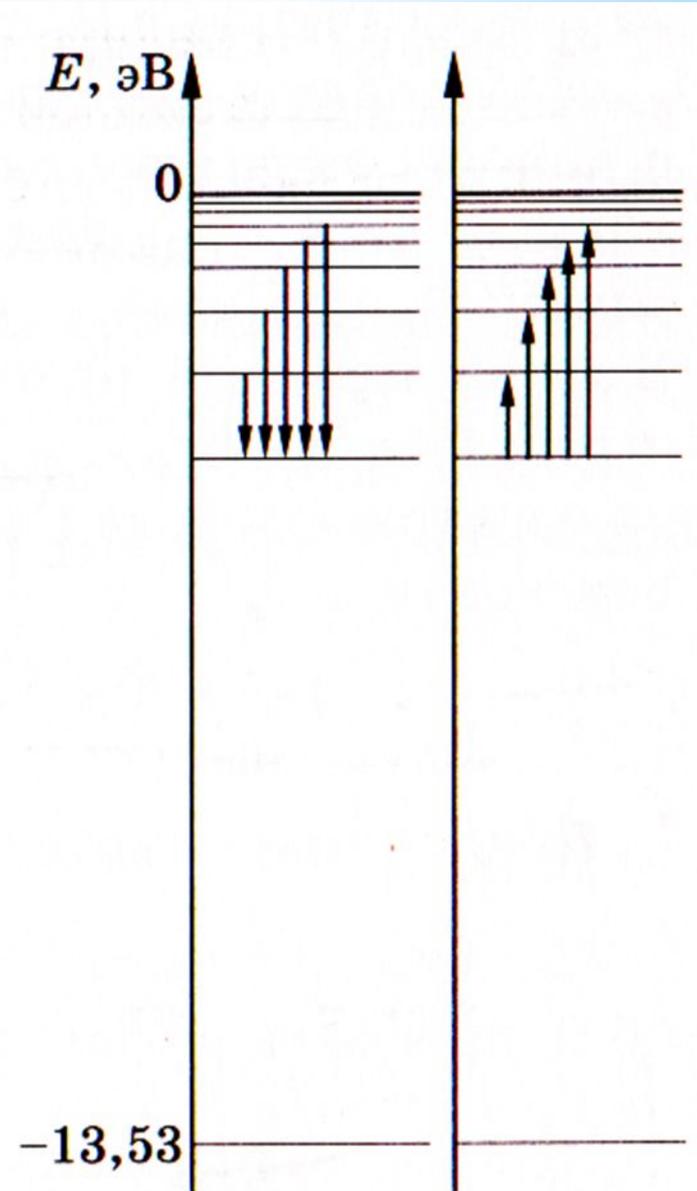
# Энергия стационарных состояний

$$r_n = \frac{\hbar^2 n^2}{me^2} - \text{радиус орбит.}$$

$$E = -\frac{e^2}{2r} - \text{энергия}$$

$$E = -\frac{e^2 me^2}{2\hbar^2 n^2} = -\frac{me^4}{2\hbar^2 n^2} \quad - \text{дискретные (прерывистые) значения}$$

энергий стационарных состояний атома (энергетические уровни).



# Низшее энергетическое состояние

$$n = 1; \quad E_1 = -\frac{me^4}{2\hbar^2} = -2,168 \cdot 10^{-13} \text{ Дж} = -13,53 \text{ эВ}$$

Атом может находиться сколь угодно долго.

Чтобы ионизировать атом водорода, ему нужно сообщить энергию 13,53 эВ - энергия ионизации.

Возбуждающий атом:  $n=2, 3, 4, \dots$

$\tau = 10^{-8} \text{ с}$  - время жизни в возбужденном состоянии. За время  $\tau$  электрон успевает совершить около ста миллионов оборотов вокруг ядра.

# Излучение света

Возможные частоты излучения атома водорода:

$$\nu_{kn} = \frac{E_k - E_n}{h} = \frac{me^4}{4\pi\hbar^3} \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right) = R \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$$

где  $R = \frac{me^4}{4\pi\hbar^3}$  - постоянная Ридберга  $R = 109737,316 \text{ см}^{-1}$

Теория Бора приводит к количественному согласию с экспериментом для значений частот, излучаемых атомом водорода. Все частоты излучений атома водорода образуют ряд серий, каждому из которых соответствует определенное значение числа  $n$  и различные значения  $k > n$ .

# Спектральные серии водорода

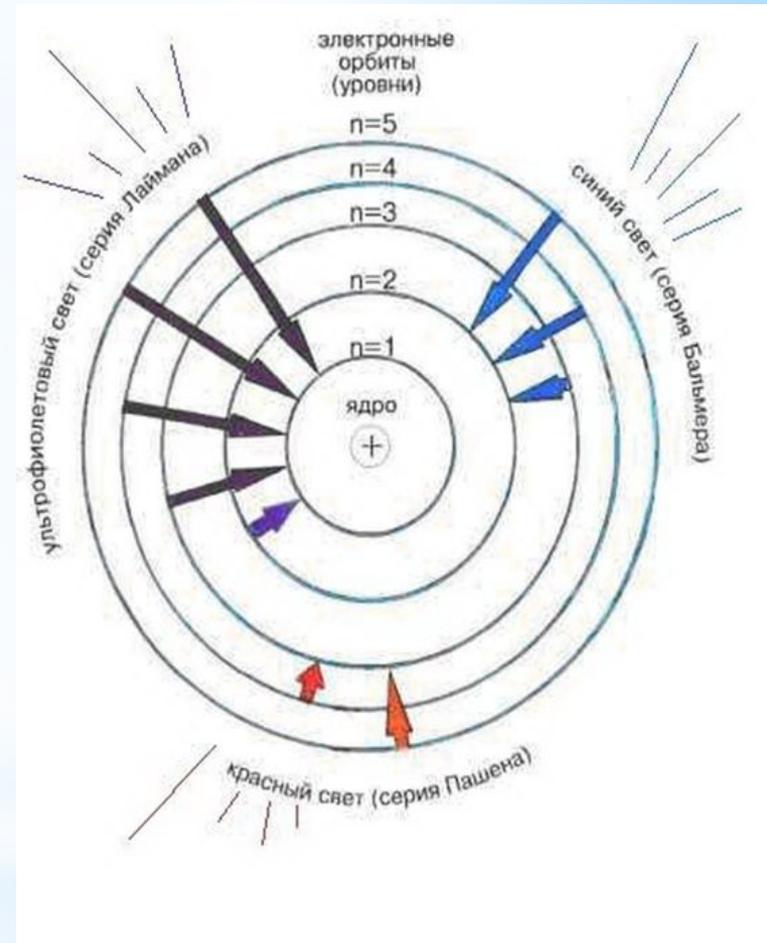
Серия Лаймана - открыл в 1906 г. Теодор Лайман.

Данная серия образуется при переходах электронов с возбуждённых энергетических уровней на первый в спектре излучения и с первого уровня на все остальные при поглощении.

Серия Бальмера - открыл в 1885 г. Иоганн Бальмер. Данная серия образуется при переходах электронов с возбужденных энергетических уровней на второй в спектре излучения и со второго уровня на все вышележащие уровни при поглощении.

Серия Пашена - открыл в 1908 г. Фридрих Пашен.

Данная серия образуется при переходах электронов с возбужденных энергетических уровней на третий в спектре излучения и с третьего уровня на все вышележащие уровни при поглощении.



В ультрафиолетовой области спектра находится **серия Лаймана**:

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

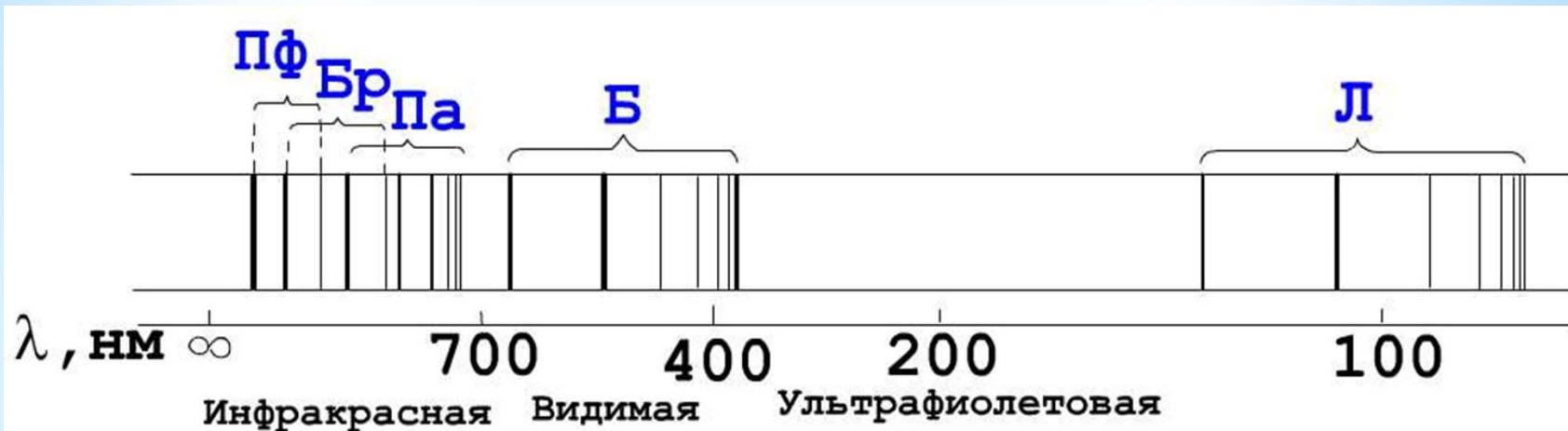
В инфракрасной области спектра были также обнаружены:

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

**серия Брэкета:** 
$$\nu = R \left( \frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 5, 6, 7, \dots);$$

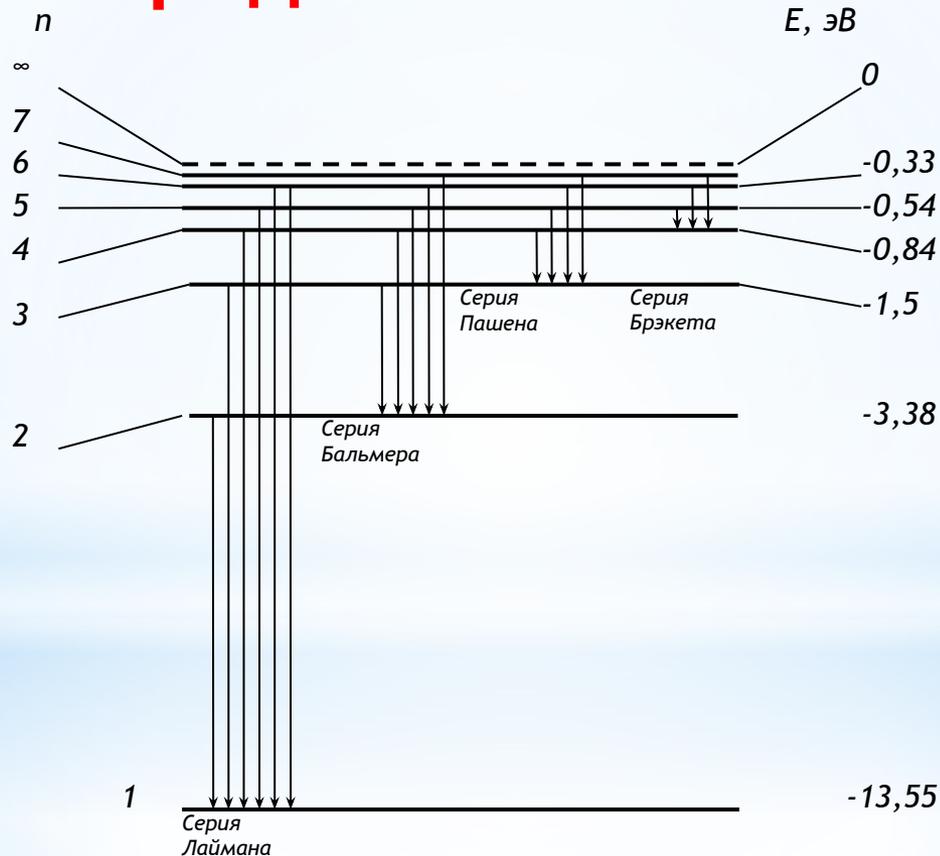
**серия Пфунда:** 
$$\nu = R \left( \frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 6, 7, 8 \dots);$$

**серия Хэмфри:** 
$$\nu = R \left( \frac{1}{6^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 7, 8, 9, \dots).$$



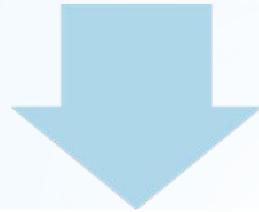
Серии: Пф - Пфунда;  
 Бр - Бреккета;  
 Па - Пашена;  
 Б - Бальмера;  
 Л - Лаймана;  
 серия Бр перекрывается  
 сериями Пф и Па.

# Возможные уровни энергии, схематически представленные на рисунке



Теория Бора построила количественную теорию спектра атома водорода.

Относительно атомов гелия и более сложных атомов **теория Бора** позволяла делать лишь качественные (хотя и очень важные) заключения, но не удалось построить количественную теорию.



Квантовая механика и  
квантовая  
электродинамика

# Вывод

Успехи теории атома Бора в приложении к атому водорода очевидны. Однако в настоящее время, очевидно, что она является лишь переходным мостиком от классической физики к квантовой, и имеет преимущественно историческое значение. Внутренние противоречия, заключающиеся в непоследовательном сочетании классических и квантовых законов, не позволили построить теорию многоэлектронных атомов. Даже простейший из них, атом гелия, обладающий двумя электронами, не удалось описать в рамках боровских представлений.

# Список литературы

1. [http://ru.wikipedia.org/wiki/%C1%EE%F0%EE%E2%F1%EA%E0%FF\\_%EC%EE%](http://ru.wikipedia.org/wiki/%C1%EE%F0%EE%E2%F1%EA%E0%FF_%EC%EE%)
2. И.В. Савельев - Курс физики. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц
3. Г. А. ЗИСМАН и О. М. ТОДЕС - КУРС ОБЩЕЙ ФИЗИКИ Том 3
4. [http://www.physbook.ru/index.php/A.\\_%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B0\\_%D0%91%D0%BE%D1%80%D0%B0](http://www.physbook.ru/index.php/A._%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B0_%D0%91%D0%BE%D1%80%D0%B0)