

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

КВАНТОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОНА В АТОМЕ. СПЕКТРАЛЬНЫЕ СЕРИИ АТОМА ВОДОРОДА.

Выполнили: студентки Института Химии II курса 213 группы
Бунина Наталья, Соколова Татьяна

Проверил: доц. кафедры общей физики СГУ, канд. физ.-
мат. наук Медведев Б. А.

Саратов 2015 г.

СОДЕРЖАНИЕ

- Атом водорода
- Постулаты Бора
- Квантовая теория строения атома водорода(по Бору)
- Правило квантования
- Энергия электрона для любой стационарной орбиты
- Линейчатые атомные спектры
- Спектральные серии атома водорода
- Список использованной литературы

АТОМ ВОДОРОДА

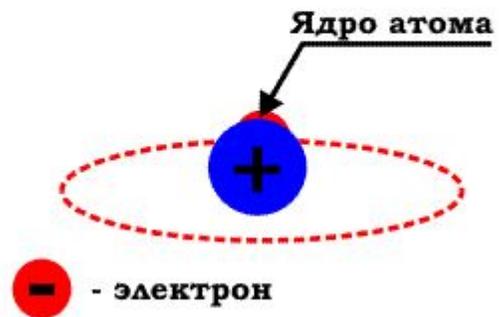
Простейший из атомов, атом водорода явился своеобразным тест-объектом для теории Бора. Ко времени создания теории он был хорошо изучен экспериментально. Было известно, что он содержит единственный электрон. Ядром атома является **протон** – положительно заряженная частица, заряд которой равен по модулю заряду электрона, а масса в 1836 раз превышает массу электрона.



Эрнест Резерфорд

*Теперь я знаю,
как устроен
атом!*

Модель атома водорода
Бора - Резерфорда.
(1913 г.)



Анимация Озолина Э.Э.



Нильс Бор

ПЕРВЫЙ ПОСТУЛАТ БОРА (ПОСТУЛАТ СТАЦИОНАРНЫХ СОСТОЯНИЙ)

- **Существуют стационарные состояния атома, находясь в которых он не излучает электромагнитных волн.**
- Стационарные состояния соответствуют дискретному ряду дозволённых значений полной энергии E_n ($n = 1, 2, 3, \dots$). Изменение энергии связано с квантовым (скачкообразным) переходом атома из одного стационарного состояния в другое.

- **Условие стационарности состояния атома - квантование момента импульса электрона L .**

- При движении электрона по круговой орбите радиуса r_n ($n = 1, 2, 3, \dots$) его момент импульса $L_n = m_e v r_n$ должен быть кратен постоянной Планка, деленной на 2π , т.е.

$$L_n = m_e v r_n = n \frac{h}{2\pi}, \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

- Здесь m_e - масса электрона, v - его скорость. число n называют **главным квантовым числом**.

- Так как $\frac{h}{2\pi} = \hbar$, то с учетом этого обозначения условие квантования орбит будет иметь следующий вид:

$$L_n = n\hbar, \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

ВТОРОЙ ПОСТУЛАТ БОРА (ПОСТУЛАТ КВАНТОВАНИЯ ОРБИТ)

- Излучение испускается или поглощается в виде квантов энергии $\hbar\omega$ при переходе электрона из одного стационарного состояния в другое. Энергия кванта (фотона) равна разности энергий стационарных состояний атома, между которыми происходит переход:
- $$\hbar\omega = E_n - E_m$$
- Здесь E_n - энергия стационарного состояния атома до перехода электрона;
 - E_m энергия стационарного состояния после квантового перехода электрона. При $E_n > E_m$ фотон с энергией $\hbar\omega$ излучается, при $E_n < E_m$ атом поглощает фотон $\hbar\omega$.
 - Как мы видим, постоянная Планка появляется у Бора дважды: первый раз она определяет стационарные состояния, второй - частоту излучения (или поглощения) при переходе атома из одного стационарного состояния в другое.

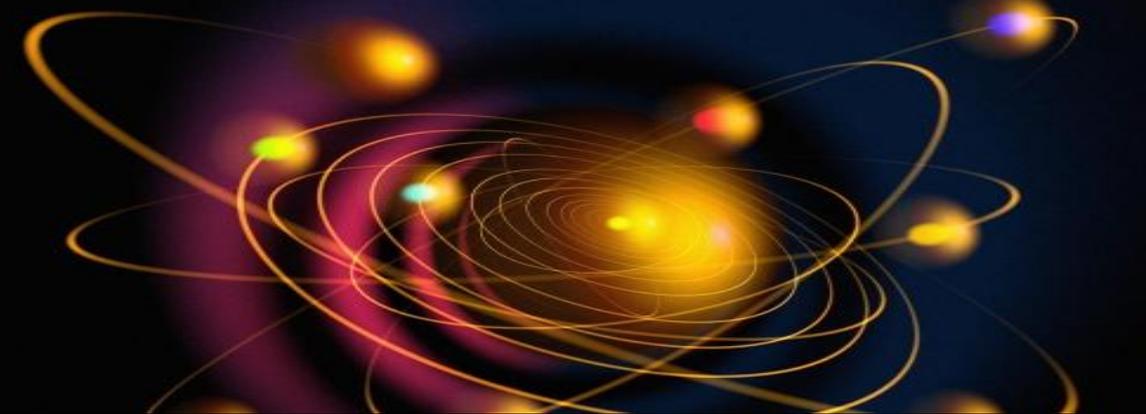


КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ СТРОЕНИЯ АТОМА ВОДОРОДА (ПО БОРУ)

- Постулаты Бора определили направление развития новой науки – квантовой физики атома. Но они не содержали рецепта определения параметров стационарных состояний (орбит) и соответствующих им значений энергии E_n .
- Правило квантования, приводящее к согласующимся с опытом значениям энергий стационарных состояний атома водорода, Бором было угадано. Он предположил, что момент импульса электрона, вращающегося вокруг ядра, может принимать только дискретные значения, кратные постоянной Планка. Для круговых орбит правило квантования Бора записывается в виде:

$$m_e v r_n = n \frac{h}{2\pi} \quad (n = 1, 2, 3 \dots)$$

Здесь m_e – масса электрона, v – его скорость, r_n – радиус стационарной круговой орбиты.



ПРАВИЛО КВАНТОВАНИЯ

- Правило квантования Бора позволяет вычислить радиусы стационарных орбит электрона в атоме водорода и определить значения энергий. Скорость электрона, вращающегося по круговой орбите некоторого радиуса r в кулоновском поле ядра, как следует из второго закона Ньютона, определяется соотношением:

$$v^2 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m_e r}$$

- где e – элементарный заряд, ϵ_0 – электрическая постоянная. Скорость электрона v и радиус стационарной орбиты r_n связаны правилом квантования Бора. Отсюда следует, что радиусы стационарных круговых орбит определяются выражением:

$$r_n = \frac{\hbar^2}{m_e Z e^2} n^2 \quad (n = 1, 2, 3, \dots).$$

ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРОНА ДЛЯ ЛЮБОЙ СТАЦИОНАРНОЙ ОРБИТЫ

- Самой близкой к ядру орбите соответствует значение $n = 1, z=1$. Радиус первой орбиты, который называется **боровским радиусом**, равен

$$r_1 = \frac{\hbar^2}{m_e e^2} = 0,529 \text{ \AA}$$

- Радиусы последующих орбит возрастают пропорционально n^2 .
- Полная механическая энергия E системы из атомного ядра и электрона, обращающегося по стационарной круговой орбите радиусом r , равна

$$E = \frac{m_e v^2}{2} - \frac{Z e^2}{r}.$$

- Следует отметить, что $E_p < 0$, так как между электроном и ядром действуют силы притяжения. Подставляя в эту формулу выражения для v^2 и r , получим:

$$E_n = - \frac{m_e e^4}{2 \hbar^2} \frac{Z^2}{n^2}$$

Целое число $n = 1, 2, 3, \dots$ называется в квантовой физике атома главным квантовым числом.

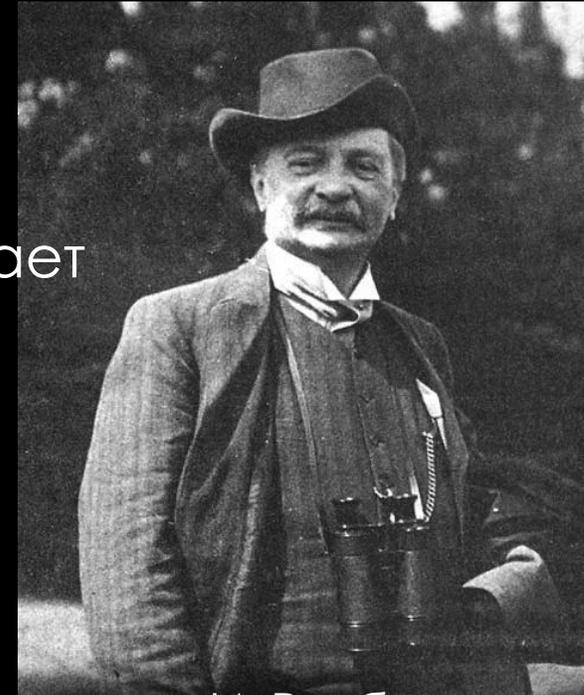
- Согласно второму постулату Бора, при переходе электрона с одной стационарной орбиты с энергией E_n на другую стационарную орбиту с энергией $E_m < E_n$ атом испускает квант света, частота которого равна:

$$\omega = \frac{m_e e^4}{2\hbar^3} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right).$$

- Эта формула в точности совпадает с эмпирической формулой Ридберга для спектральных серий атома водорода, если положить постоянную R равной

$$R = \frac{m_e e^4}{2\hbar^3}.$$

- Подстановка числовых значений m_e , e , ϵ_0 и h в эту формулу дает результат $R = 3,29 \cdot 10^{15}$ Гц, который очень хорошо согласуется с эмпирическим значением R .

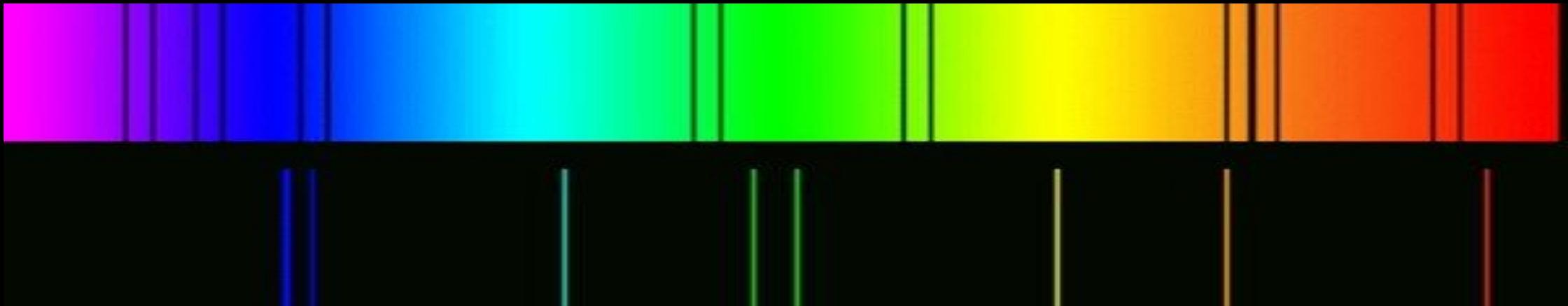


И. Ридберг



ЛИНЕЙЧАТЫЕ АТОМНЫЕ СПЕКТРЫ

- Идея о квантовании энергии позволила объяснить происхождение линейчатых атомных спектров, состоящих из набора линий, объединенных в серии.
- Исследования спектров излучения разреженных газов (т.е. спектров излучения отдельных атомов) показали, что каждому газу присущ определенный линейчатый спектр, состоящий из отдельных спектральных линий или групп близко расположенных линий. Самым изученным является спектр наиболее простого атома – атома водорода.

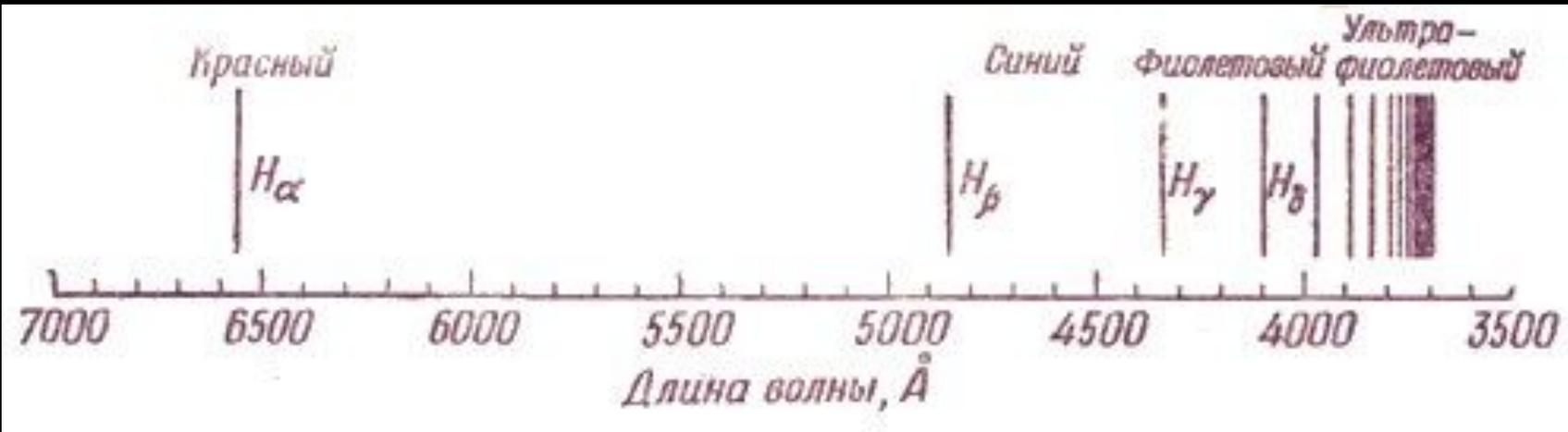


СПЕКТРАЛЬНЫЕ СЕРИИ АТОМА ВОДОРОДА

- Спектральные серии атома водорода - набор спектральных серий, составляющих спектр атома водорода. Поскольку водород — наиболее простой атом, его спектральные серии наиболее изучены. Швейцарский ученый И. Бальмер (1825-1898) подобрал эмпирическую формулу, описывающую все известные в то время спектральные линии атома водорода в видимой области спектра:

где $R = 109\,677\text{ см}^{-1}$ — постоянная Ридберга для водорода, n' — основной уровень серии.

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



Серия Бальмера



СПЕКТРАЛЬНЫЕ СЕРИИ АТОМА ВОДОРОДА

- В спектре водорода имеется еще несколько серий, в частности серия, открытая в 1906 г. английским физиком Т. Лайманом в ультрафиолетовой части спектра, которая описывается формулой:

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

- В 1908 г. немецким физиком Ф. Пашеном в инфракрасной части спектра была открыта

серия Пашена

$$\nu = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right) (n = 4, 5, 6, \dots)$$

- В инфракрасной части спектра также были обнаружены:

серия Брекета

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

серия Пфунда

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

- Рис. 1 иллюстрирует образование спектральных серий в излучении атома водорода при переходе электрона с высоких стационарных орбит на более низкие.

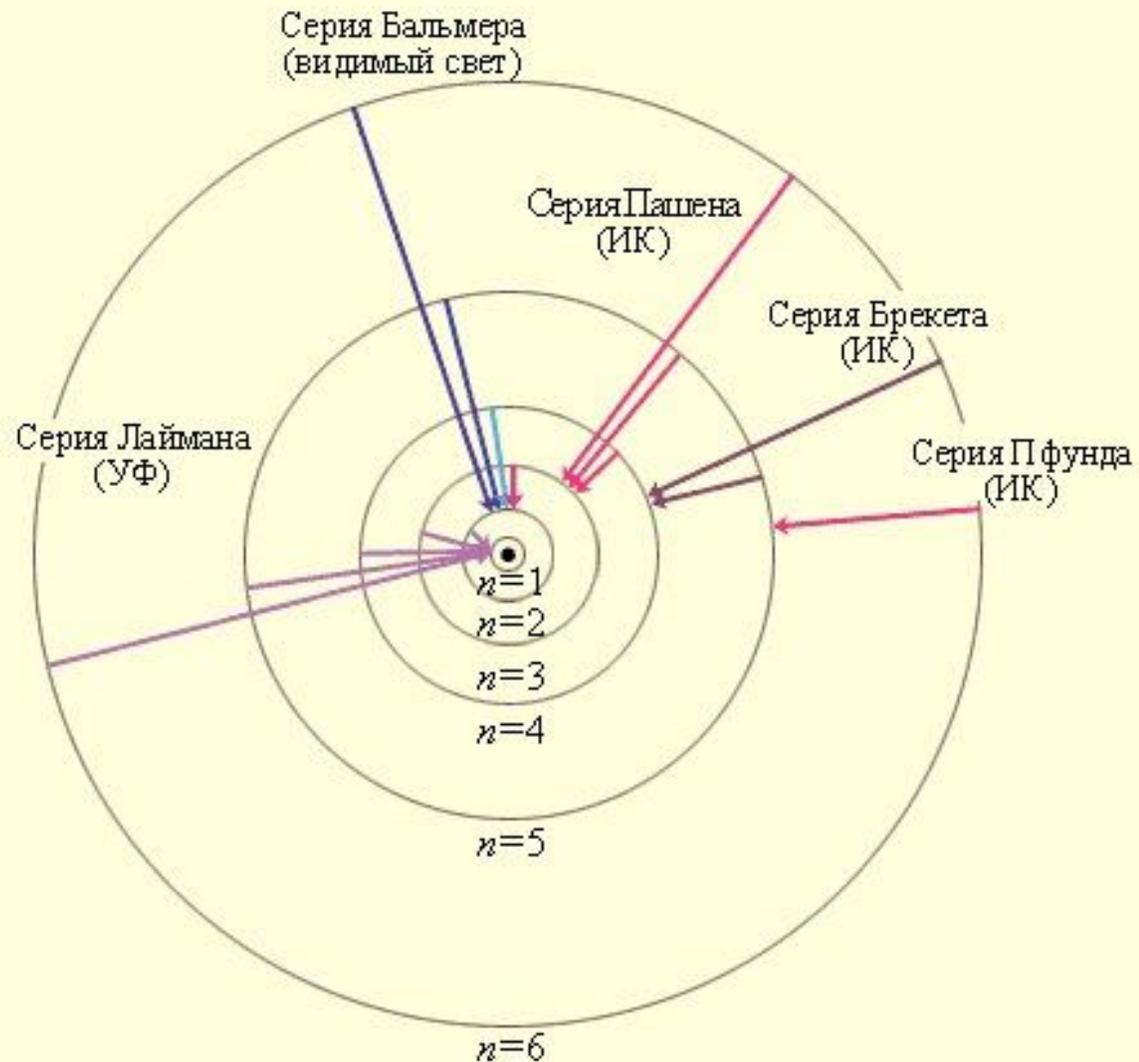
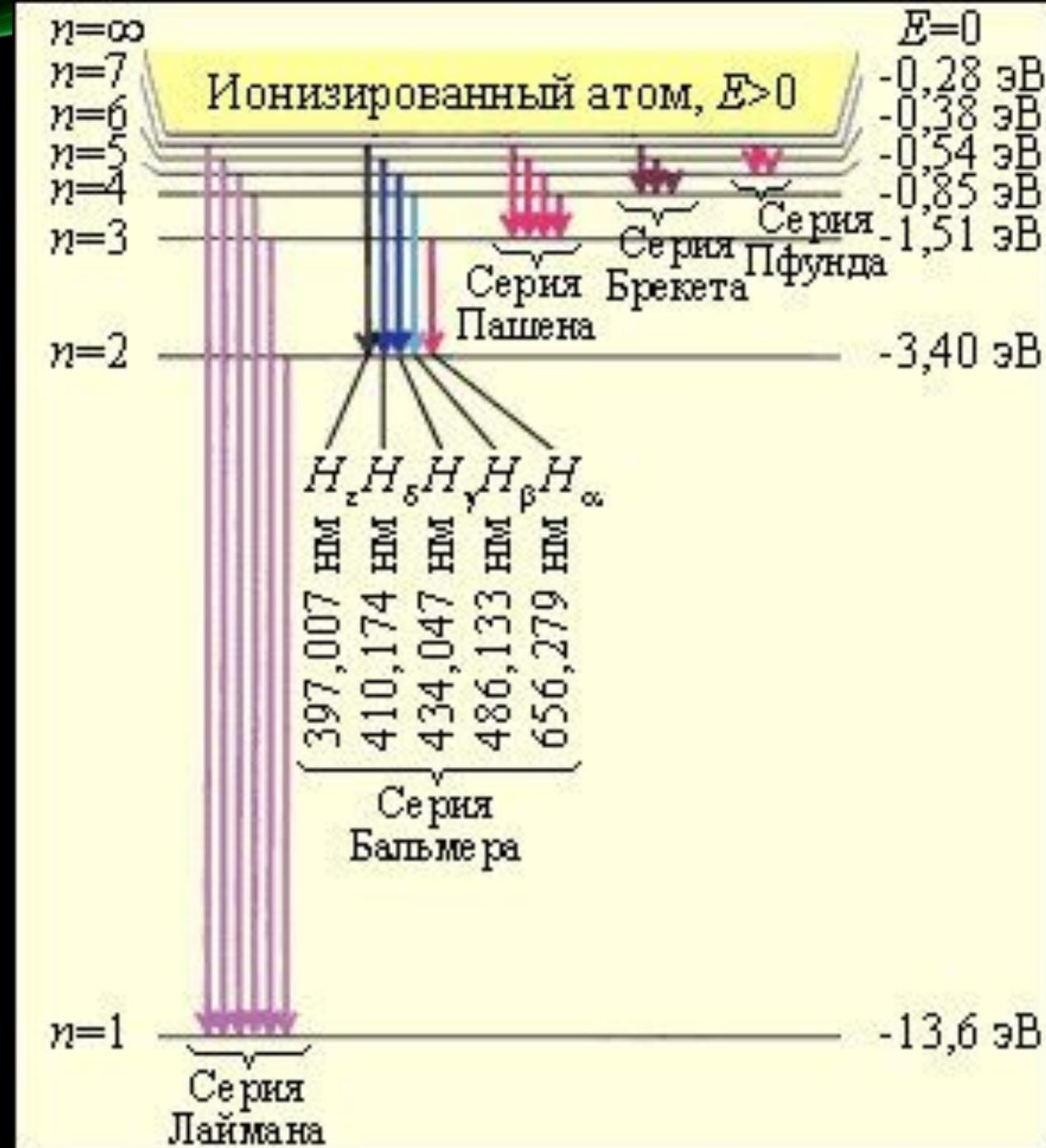


Рисунок 1. Стационарные орбиты атома водорода и образование спектральных серий.

Рисунок 2. Диаграмма энергетических уровней атома водорода. Показаны переходы, соответствующие различным спектральным сериям. Для первых пяти линий серии Бальмера в видимой части спектра указаны длины волн.



СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- <http://www.myshared.ru/slide/301351/#>
- <http://www.bourabai.kz/physics/spectra.html>
- <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D1%EF%E5%EA%F2%F0%E0%E..>
- http://fn.bmstu.ru/data-physics/library/physbook/tom5/ch5/texthtml/ch5_2.htm
- <http://www.its-physics.org/atom-vodoroda-lineychatye-spektry>
- <http://www.youtube.com/watch?v=qly4Qb5xgfk>
- Р. И. Грабовский «Курс Физики», 2007 г.
- И.В. Савельев «Курс общей физики» Т. 3



Спасибо за внимание!!!!!!