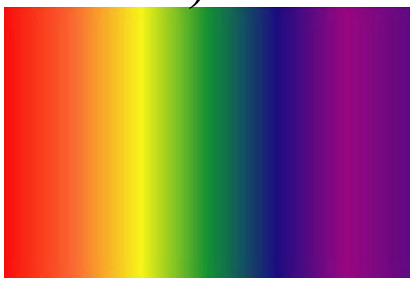
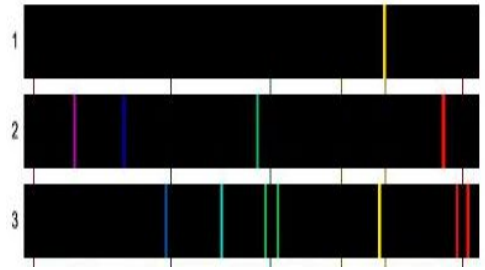
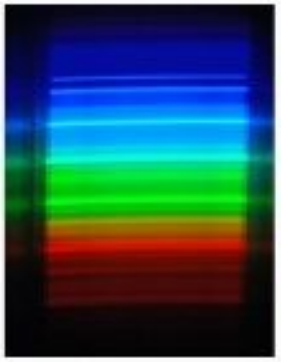
# Линейчатые спектры атомов. Строение атома. Постулаты Бора. Атом водорода по Бору.

- Спектр электромагнитного излучения- спектр частот электромагнитного излучения
- Спектр солнечного света – **<u>непрерывный спектр-</u>** в спектре есть волны всех длин (частот). В спектре нет разрывов, и на экране спектрографа можно видеть сплошную разноцветную полосу (тела в твёрдом, жидком состоянии, сильно сжатые газы)





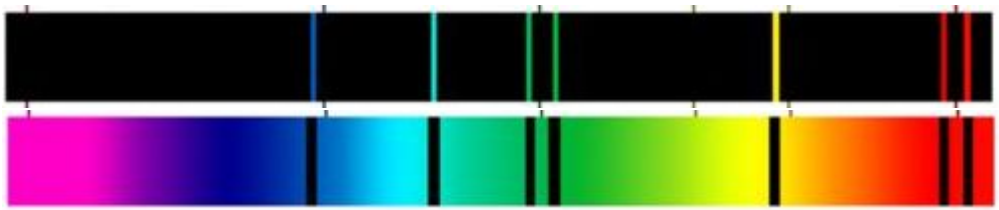

1-натрий
2-водород
3-гелий



**Полосатый спектр –** слабо взаимод-ющие молекулы – пример $CO_2$

- **<u>Линейчатый спектр</u> -** спектры состоят из отдельных линий, соответствующих отдельным значениям длин волн (частотам)- линии определённого цвета. Это спектр, испускаемый парами малой плотности, газами в атомарном состоянии (атомы не взаимодействуют). При увеличении плотности атомарного газа отдельные спектральные линии расширяются.
- Изолированный атом излучает электромагнитные волны определённых частот. Каждый химический элемент имеет свой спектр.

- **<u>Спектр испускания- эмиссионный спектр</u>** — набор линий, полос в электромагнитном спектре, испускаемым веществом.



Спектр испускания и поглощения для атома гелия

*Темные линии на фоне непрерывного спектра — это линии поглощения, образующие в совокупности спектр поглощения.*

- **<u>Спектр поглощения</u>**- *это* совокупность частот, поглощаемых данным веществом. Спектр поглощения связан с зависимостью показателя поглощения вещества от длины волны (частоты) излучения. Обусловлен энергетическими переходами в веществе. Для различных веществ спектры поглощения различны.
- Все вещества, атомы которых находятся в возбужденном состоянии, излучают световые волны, энергия которых определенным образом распределена по длинам волн.

- Спектры испускания атомов- линейчатые, при этом линии объединяются в группы, называемые сериями линий
- Наличие многих спектральных линий указывает на сложность внутреннего строения атома.
- Длины волн в спектре атомарного водорода определяются как:

$$\lambda = \lambda_0 \frac{n^2}{n^2 - 4}$$

- где $\lambda_0$- константа, n –целое число: 3,4,5 … .
- Волновое число: $\nu' = \frac{1}{\lambda} = \frac{\omega}{2\pi c}$
- Тогда:

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

- где $R = 4/\lambda_0$- постоянная Ридберга:

$$R = 109\,737{,}309 \pm 0{,}012\ см^{-1} = 2{,}07 \cdot 10^{16}\ сек^{-1}$$

- Формула Бальмера:

$$\omega = R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad (n = 3,\ 4,\ 5,\ \ldots)$$

- Соответсвующая серия спектральных линий называется серией Бальмера – основные линии находятся в видимом спектре.

- Серии линий атома водорода:

серия Лаймана $\omega = R\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ $(n = 2, 3, 4, \ldots)$;

серия Пашена $\omega = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ $(n = 4, 5, 6, \ldots)$;

серия Брэкета $\omega = R\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ $(n = 5, 6, 7, \ldots)$;

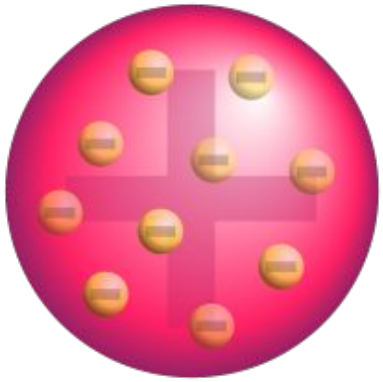
серия Пфунда $\omega = R\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ $(n = 6, 7, 8, \ldots)$.

- При возрастании n частота линии в каждой серии стремится к предельному значению $R/m^2$, называемое границей серии.
- Рассмотрим ряд значений $T(n) = R/n^2$:

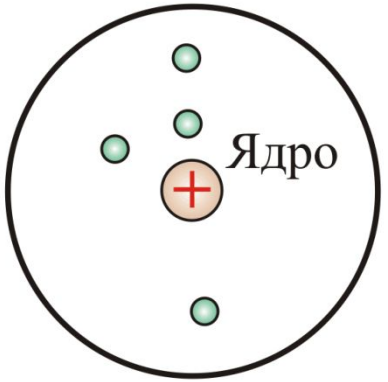
$$\frac{R}{1^2}, \frac{R}{2^2}, \frac{R}{3^2}, \ldots$$

- Частота любой линии спектра водорода может быть представлена в виде разности двух чисел данного ряда. Эти числа называют спектральными термами.

- Модель атома Томсона: атом представляет собой равномерно заполненную положительным электричеством сферу, внутри которой находятся электроны. Суммарный положительный заряд сферы равен заряду электрона, поэтому атом в целом нейтрален.



- Модель атома Томсона опровергнута в опытах Резерфорда по зондированию золотой фольги α-частицами: частицы отклонялись на большие углы, а значит есть сильное электрическое поле, создаваемое зарядом, связанным с большой массой и сконцентрированной в очень малом объёме.
- Модель Резерфорда: атом представляет собой систему зарядов, в центре которой расположено тяжелое положительное ядро с зарядом Ze, вокруг которого расположены Z электронов



- Постулаты Бора:
  - Из бесконечного множества орбит, возможных с точки зрения классической механики, осуществляются только некоторое дискретные орбиты, удовлетворяющие определённым квантовым условиям.
  - Излучение испускается или поглощается в виде светового кванта энергии ħw при переходе электрона из одного стационарного (устойчивого) состояния в другое. Величина светового кванта равна разности энергий тех стационарных состояний, между которыми совершается квантовый скачок электрона:

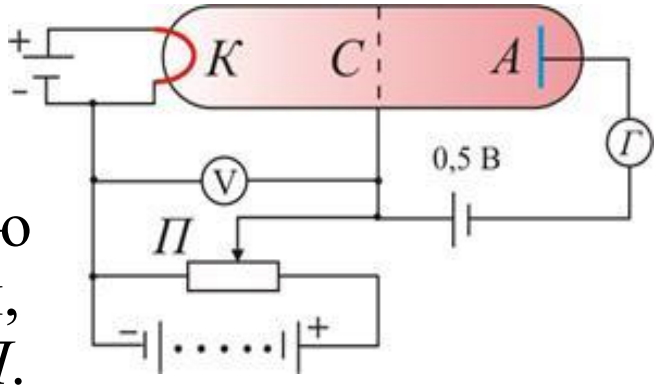
$$\hbar\omega = E_n - E_m$$

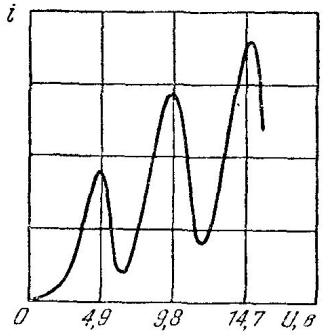
- Частота излучаемой линии:

$$\omega = \frac{E_n}{\hbar} - \frac{E_m}{\hbar}$$

- Постулаты Бора подтверждаются опытами Франка и Герца.

- Трубка заполнялась парами ртути под небольшим давлением.
- Три электрода: катод К, сетка С и анод А.
- Электроны ускорялись разностью потенциалов *U* между катодом и сеткой, изменяемой с помощью потенциометра *П*.
- Между сеткой и анодом тормозящее поле 0,5 В
- Определялась зависимость тока через гальванометр *Г* от разности потенциалов между катодом и сеткой *U*.



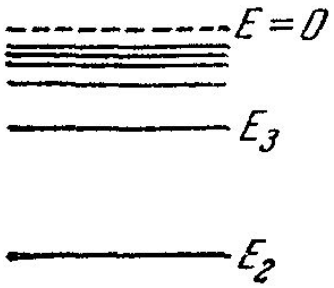

- Ход кривой объясняется дискретностью энергетических уровней- атомы могут воспринимать энергию только определёнными порциями: $\Delta E_1 = E_2 - E_1 \quad \Delta E_2 = E_3 - E_1$
- где $E_1$, $E_2$, $E_3$- энергии 1-го, 2-го, 3-го и т.д. стационарного состояния.
- Атомы, получившие при соударении с электронами энергию $\Delta E_1$, переходят в возбуждённое состояние из которого они через короткое время ($10^{-8}$ с) возвращаются в основное состояние, излучая световой квант с частотой $w = \Delta E_1/\hbar$

- Бор: осуществляются только те орбиты, для которых момент импульса равен целому кратному постоянной Планка ħ:

$$m_e v r = n\hbar \qquad (n = 1,\ 2,\ 3,\ \ldots)$$

- Число n называется главным квантовым числом.
- Рассмотрим водородоподобный атом - один электрон (Z=1) движется в поле атомного ядра.
- По 2 закону Ньютона:

$$m_e \frac{v^2}{r} = \frac{Ze^2}{r^2} \Rightarrow r_n = \frac{\hbar^2}{m_e Z e^2} n^2$$




- - радиус электронных орбит, где n=1, 2, 3…
- Внутренняя энергия атома: кинетическая энергия электрона + энергия взаимодействия электрона с ядром:

$$E = \frac{m_e v^2}{2} - \frac{Ze^2}{r} \Rightarrow \frac{m_e v^2}{2} = \frac{Ze^2}{2r} \Rightarrow$$

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

- Тогда возможные значения внутренней энергии атома:

$$E_n = -\frac{m_e e^4}{2\hbar^2}\frac{Z^2}{n^2} \qquad (n = 1,\ 2,\ 3,\ \ldots)$$

- При переходе атома водорода из состояния в состояние испускается квант света:

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

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

- Постоянная Ридберга равна:

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

- Боровский радиус- радиус 1-й орбиты электрона в атоме водорода:

$$r_1 = \hbar^2/me^2 = 0{,}529 \cdot 10^{-8} \text{ см}$$

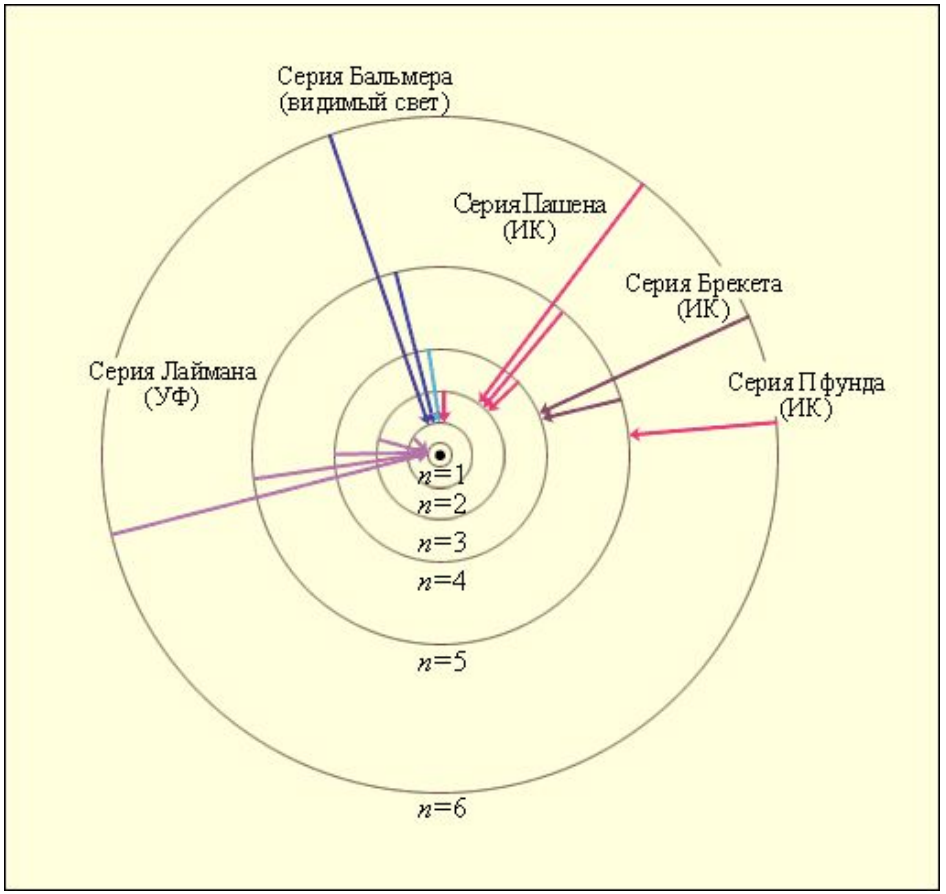



Диаграмма энергетических уровней атома водорода и переходы, соответствующие различным спектральным сериям: