|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **АТОМНАЯ ФИЗИКА**  **Элементы квантовой физики атомов и молекул**  **Теория атома водорода по Бору**  **§1 Модель атома Томсона и Резерфорда**    Учение об атомном строении вещества возникло в античные времена. Однако, до конца *XIX* века атом считался элементарной неделимой первоосновой (“кирпичиком ”) любого вещества.  В середине *XIX* века экспериментально было доказано, что электрон является одной из основных составных частей любого вещества. (В [1749](http://ru.wikipedia.org/wiki/1749) году [Бенджамин Франклин](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B6%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BD_%D0%A4%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BD" \o "Бенджамин Франклин) высказал гипотезу, что электричество представляет собой своеобразную материальную субстанцию. Центральную роль электрической материи он отводил представлению об атомистическом строении электрического флюида. В работах Франклина впервые появляются термины: заряд, разряд, положительный заряд, отрицательный заряд, конденсатор, батарея, частицы электричества.  [Иоганн Риттер](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%98%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%BD_%D0%A0%D0%B8%D1%82%D1%82%D0%B5%D1%80&action=edit&redlink=1) в [1801](http://ru.wikipedia.org/wiki/1801) году высказал мысль о дискретной, зернистой структуре электричества.  [Вильгельм Вебер](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%B1%D0%B5%D1%80,_%D0%92%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D0%B3%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BC_%D0%AD%D0%B4%D1%83%D0%B0%D1%80%D0%B4) в своих работах с [1846](http://ru.wikipedia.org/wiki/1846) года вводит понятие атома электричества и гипотезу, что его движением вокруг материального ядра можно объяснить тепловые и световые явления.  [Майкл Фарадей](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B9%D0%BA%D0%BB_%D0%A4%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B5%D0%B9) ввел термин «[ион](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BE%D0%BD)» для носителей электричества в электролите и предположил, что ион обладает неизменным зарядом. [Г. Гельмгольц](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BC%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%86,_%D0%93%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BD_%D0%9B%D1%8E%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3_%D0%A4%D0%B5%D1%80%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%B4) в [1881](http://ru.wikipedia.org/wiki/1881) году показал, что концепция Фарадея должна быть согласована с [уравнениями Максвелла](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B0). [Джордж Стоней](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%94%D0%B6%D0%BE%D1%80%D0%B4%D0%B6_%D0%A1%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D0%B9&action=edit&redlink=1) в [1881](http://ru.wikipedia.org/wiki/1881) году впервые рассчитал заряд одновалентного иона при электролизе, а в [1891](http://ru.wikipedia.org/wiki/1891) году, в одной из теоретических работ Стоней предложил термин «электрон» для обозначения электрического заряда одновалентного иона при электролизе.)   1. http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image001_0000.pngВ 1905 г. Была предложена Дж. Дж. Томсоном (лорд Кельвин) первая модель атома, согласно которой атом представляет собой непрерывно заряженный положительным зарядом шар радиуса ~ 10-10 м, внутри которого около своих положений равновесия колеблются электроны. Суммарный отрицательный заряд электронов равен положительному заряду шара, поэтому атом в целом нейтрален (модель атома Томсона называют “булочкой с изюмом” или “пудинг с изюмом”).      1. Модель атома Резерфорда   http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image002_0000.pngЭ. Резерфорд в 1909 г. Провел эксперименты по прохождению α - частиц сквозь тонкие металлические пластинки золота и платины. (α-частицы возникают при радиоактивных превращениях.  Заряд α - частицы равен двум зарядам электрона: *qα* = 2*e*= 2·1,6·10-19Кл, масса четырем массам протона: *mα* = 4 *mp =*4·1,67·10-27 кг). α - частицы испускались радием, помещенным внутри свинцовой полости с каналом так, чтобы все частицы, кроме движущихся вдоль канала, поглощались свинцом. Узкий пучок попадал на фольгу из золота перпендикулярно её поверхности. α - частицы, прошедшие сквозь фольгу и рассеянные ею вызывали вспышки (сцинтилляции) на флуоресцирующем экране.  http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image004.jpgОпыты показали, что в большинстве случаев α – частицы после прохождения через фольгу сохраняли прежнее направление или отклонялись на очень малые углы. Однако некоторые α – частицы (приблизительно одна из 20 000) отклонялись на большие углы, порядка 135 ÷ 150°. Т.к. электроны не могут существенно изменять движение α – частицы (http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image006_0000.png), то Э. Резерфорд предположил, что весь положительный заряд атома сосредоточен в его ядре – области занимающей весьма малый объём по сравнению со всем объёмом атома. Остальная часть атома представляет собой облако отрицательно заряженных электронов, полный заряд которых равен положительному заряду ядра. Эта модель атома была предложена Резерфордом в 1911 г. и получила название планетарной модели атома, т.к. она напоминает солнечную систему: в центре системы находится “солнце”- ядро, а вокруг него по орбитам движутся “планеты” – электроны.  Недостатки модели Э. Резерфорда:  а) Электроны в атомной модели не могут быть неподвижными, т.к. под действием силы Кулона они бы притянулись (и ”упали бы”) к ядру. В этой модели существует бесконечно много значений радиусов орбит электрона и соответствующих им значений скорости  http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image008_0000.png    Откуда следует, что радиус и скорость может изменяться непрерывно. Следовательно, может испускаться любая порция энергии, и, следовательно, спектр атома должен быть сплошным. В действительности же опыт показывает, что атомы имеют линейчатые спектры.  б) При *r*≈10-10 м *v*≈ 106 м/с и http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image010_0000.png Согласно электродинамике, электроны, движущиеся с ускорением, должны излучать электромагнитные волны и вследствие этого непрерывно терять энергию. И тогда, электрон будет по спирали приближаться к ядру, и через τ ≈ 10-10 с упасть на него. С другой стороны, частота излучения должна непрерывно изменяться вследствие изменения *r, v, T.* Следовательно, атом будет давать непрерывный спектр.  Попытки построить модель атома с использованием законов классической механики, электричества и оптики привели к противоречию с экспериментальными данными:  модель - а) неустойчивость атома; б) сплошной спектр;  эксперимент -  а) атом устойчив; б) излучает при определенных условиях; в) линейчатый спектр.    **§2 Линейчатый спектр атома водорода.**  **Формула Бальмера - Ридберга**  Светящиеся газы дают линейчатые спектры испускания, состоящие из отдельных спектральных линий. Когда свет проходит через газы возникают линейчатые спектры поглощения – каждый атом поглощает те спектральные линии, которые сам может испускать.  Спектр – совокупность гармонических составляющих или длин волн. Например, если волна может быть представлена в виде суперпозиции двух волн с частотами ω1 и ω2, то говорят, что спектр имеет две составляющие или две линии с λ1 и λ2. Спектры бывают:  а) линейчатые – у атомов и простых молекул разряженных газов; полосатые - - сложные молекулы; сплошные – нагретые твердые тела и жидкости;  б) испускания- при электрическом газовом разряде, при нагреве твердых тел и др.; поглощения – свет проходит через газы, жидкости и твердые тела и при этом каждый атом поглощает те спектральные линии, которые сам может испускать;  в) дисперсионные (призматические) – получаются при разложении белого света на призме; дифракционные – при разложении на дифракционной решетке;  г) атомным – спектр, полученный на атомах (например, разряд в газах); молекулярным (полосатым) – имеет вид полос, образованных близко расположенными спектральными линиями  1) колебательными -> ДИК (дальняя инфракрасная область λ = 0,1 ÷ 1 мм);  2) вращательными -> ИК λ = 1 ÷ 10 мкм;  3) электронно – колебательными (видимая и УФ область спектра λ = 0,3 мкм и выше);  д) и т.д.  Первым был изучен спектр самого простого элемента – атома водорода. Бальмер в 1885 г. установил, что длины волн известных в то время девяти линий спектра водорода могут быть вычислены по формуле  http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image012_0000.png  И. Ридберг (шведский ученый) предложил иную форму записи  http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image014_0001.png  - формула Бальмера – Ридберга.  *R’* = 10973731 м-1 – постоянная Ридберга (*R’* = 1,1·107  м-1),  т.к. http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image016_0000.png, то можно записать  http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image018.png  где *R* =*R’c* = 3,29·1015c-1 – то же постоянная Ридберга.  Формула Бальмера – Ридберга впервые указала на особую роль целых чисел в спектральных закономерностях.  В настоящее время известно большое число спектральных линий водорода, длины волн которых с большой степенью точности удовлетворяют формуле Бальмера – Ридберга. Из формулы Бальмера – Ридберга видно, что спектральные линии, отличающиеся различными значениями *n*, образуют группу или серию линий, называемую серией Бальмера. С ростом *n* спектральные линии серии сближаются друг с другом.  Серия Бальмера расположена в видимой части спектра, поэтому была обнаружена первой.  В начале *XX* века в спектре атома водорода было обнаружено ещё несколько серий в невидимых частях спектра.  Таким образом, известны следующие серии спектра атома водорода   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | № п/п | Название серии | Вид формулы Бальмера – Ридберга для серии | Значение *n* – уровней с которых происходит переход электрон | Диапазон | Год  открытия | | 1 | серия Лаймана | http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image020.png | *n* = 2, 3 ,4, … | УФ (ультрафиолетовая) часть спектра | 1906 | | 2 | серия Бальмера | http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image022.png | *n* = 3 ,4, 5, … | Видимая  и близкая УФ | 1885 | | 3 | серия Пашена | http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image024.png | *n* = 4, 5, 6, … | ИК  (инфракрасная) | 1908 | | 4 | серия Брэкета | http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image026_0000.png | *n* = 5, 6, 7, … | ИК | 1922 | | 5 | серия Пфунда | http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image028.png | *n* = 6, 7, 8, … | ИК | 1924 | | 6 | серия Хэмфри | http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image030.png | *n* = 7, 8, 9, … | ИК | 1953 |     Все приведенные выше серии могут быть описаны одной формулой, называемой обобщенной формулой Бальмера  http://www.bog5.in.ua/lection/quantum_optics_lect/image_quant/clip_image032_0000.png  Сериальные формулы свидетельствуют о существовании физических закономерностей в спектре атома водорода, объяснить которые с помощью классической физики невозможно. |
|