

Строеж на атома – експериментални факти. Линейни спектри на излъчване и поглъщане. Модел на Ръдърфорд. Модел на Бор

Експериментални факти. Линейни спектри на излъчване и поглъщане

В края на 19 в. се натрупват експериментални данни, които не могат да бъдат обяснени от класическата физика. Някои от тях намерили своето обяснение с хипотезата на Планк за квантовия характер на електромагнитното лъчение. За други били получени верни емпирични формули, които обаче не изяснявали физичната същност на явленията. Например експериментален факт били линейните спектри на излъчване на газовете, нагreti до висока температура. Те се разполагали в серии от линии, различни за различните газове. Дължините на вълните на линиите във видимата област на спектъра на водорода били определени от емпирична формула, предложена от Й. Балмер през 1885 г.:

$$(1) \frac{1}{\lambda_m} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right); \quad m > 2,$$

където λ_m е дължината на вълната за съответната спектрална линия, а R е константа, която по-късно е наречена константа на Ридберг ($R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$). Спектралните линии, удовлетворяващи горната формула, образували т.нар. серия на Балмер.

Формула (23.1.1) била обобщена през 1888 г. от Й. Ридберг и за други възможни серии от линии:

$$(2) \frac{1}{\lambda_m} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right); \quad m > n.$$

В началото на 20 в. такива серии били открити от Т. Лайман през 1906 г. за $n = 1$ в ултравиолетовата област и Ф. Пашен през 1908 г. за $n = 3$ в инфрачервената област на спектъра на водорода.

Явлението радиоактивност е открито от А. Бекерел през 1896 г. Той установил, че солите на урана изпускат невидими, силно проникващи лъчи. Оказало се, че тези лъчи са потоци от заредени частици, които били наречени α - и β -лъчи. По-късно (1900 г.) П. Вийар открива още един вид лъчи, които нямат електричен заряд – γ -лъчи.

През 1897 г. Дж. Томсън открива електрона. Той доказва, че откритите по-рано и широко използвани от учените по това време катодни лъчи са поток от отрицателно заредени частици. Оказало се, че те имат много близки характеристики до тези на β -лъчите.

Всички тези експериментални факти довели до заключението, че атомите не са неделими частици, както се смятало дотогава. Учените започнали да изследват структурата на атома, използвайки наскоро откритите нови частици.

Модели на Ръдърфорд и Бор

През 1911 г., изучавайки разсейването на α -частици (положително заредени частици) от различни вещества, Ръдърфорд открива, че целият положителен заряд и почти цялата маса на атомите е съсредоточена в ядро с размери от порядъка на 10^{-15} m (размерите на атомите са $\sim 10^{-10} \text{ m}$, т.е. около 10^5 пъти по-големи от тези на ядрата). Основавайки се на тези резултати, Ръдърфорд предложил т.нар. планетарен модел на атома. Според този модел атомът се състои от положително заредено тежко ядро, около което по затворени орбити се движат електроните, образувайки т.нар. електронна обвивка на атома. Зарядът на ядрото по големина е равен на общия заряд на всички електрони. Този модел обяснявал добре опитите по разсейването на α -частици от веществото и позволил да се определи зарядът на ядрото; било показано, че зарядът q на ядрото е равен на поредния номер Z на елемента в периодичната система на Менделеев, умножен по елементарния електричен заряд e : $q = Ze$.

Моделът на Ръдърфорд обаче се оказал свързан с редица затруднения. Съгласно законите на класическата електродинамика всеки електричен заряд, който се движи ускорително, трябва да излъчва електромагнитни вълни. В такъв случай електроните, движейки се около ядрото, непрекъснато ще излъчват електромагнитни вълни, вследствие на което енергията им постепенно ще намалява. В електричното поле на ядрото всеки електрон притежава потенциална енергия $U \sim Ze^2/r$, където r е радиусът на съответната орбита на движение на електрона. Очевидно с намаляване на енергията на електрона ще намалява и радиусът на орбитата му, при което в определен момент той ще падне върху ядрото, т.е. атомът ще престане да съществува като устойчива система. С приближаването към ядрото периодът и честотата на електромагнитното излъчване също ще се изменят непрекъснато, поради което спектърът на излъчването ще бъде непрекъснат, а в действителност експерименталните факти (формули (1) и (2)) показват, че излъчването на атомите има линеен (дискретен) спектър.

Противоречията в модела на Ръдърфорд били избегнати с предложения от датския физик Н. Бор

през 1913 г. нов, квантов модел на атома, който се основава на следните три постулата:

- Атомът може да съществува само в определени стационарни състояния, всяко от които се характеризира с определена стойност на пълната енергия. На стационарните състояния съответстват определени стационарни кръгови орбити, по които се движат електроните. При движението си по тези орбити електроните не излъчват електромагнитни вълни.
- При преминаване на атома от едно стационарно състояние в друго се излъчва или поглъща фотон. Атомът излъчва фотон, ако се извършва преход на електрон от състояние с по-голяма енергия E_m към състояние с по-малка енергия E_n , или поглъща фотон като извършва преход от състояние с по-малка енергия към състояние с по-голяма енергия. Енергията на погълнатия или излъчен фотон е равна на разликата в енергиите на двете състояния – $E_\gamma = hf = |E_m - E_n|$.
- Моментът на импулса на електрона на стационарните орбити може да има само дискретни (квантувани) стойности – $L_n = m v_n r_n = n\hbar$; $n = 1, 2, 3, \dots$.

Първият постулат на Бор дефинира стабилността на атомите. Вторият постулат е свързан с наблюдаваните дискретни атомни спектри и в съгласие с квантовата хипотеза на Планк за топлинното излъчване. Третият постулат на Бор не е свързан с нищо, наблюдавано до този момент. Той е продължение на идеята за квантуване на величините в микросвета. Неговият смисъл е изяснен 10 години по-късно, след като д-р Бройл изказва хипотезата за вълновия характер на микрочастиците. Оказва се, че третият постулат налага условието върху всяка възможна кръгова орбита на електрона да могат да се нанесат цяло число вълни на д-р Бройл:

$$2\pi r_n = n\lambda_n; \quad 2\pi r_n = n \frac{h}{m v_n} \Rightarrow m v_n r_n = n\hbar.$$

С други думи, електронът може да се намира само на такива орбити, чиято дължина е кратна на дължината на вълната на д-р Бройл за електрона със съответната скорост.