



Боров модел атома

Један од највећих физичара у XX вијеку **Нилс Бор** је 1913. године ријешио проблеме Радефордовога модела атома са три претпоставке, за које је Ајнштајн рекао да су "виша музика у области мисли".

Први Боров постулат: Електрони у атомима се налазе само на одређеним орбитама, које се називају стационарне орбите. Док је на стационарној орбити електрон нити апсорбује нити емитује електромагнетне таласе.

Други Боров постулат: Момент импулса електрона при његовом кретању по стационарним орбитама не може имати произвољне вриједности, већ само одређене, дискретне (квантоване) вриједности:

$$\begin{aligned} L_n &= n\hbar \\ mv_n r_n &= n\hbar \end{aligned}$$

гдје је m - маса електрона, v_n брзина електрона на n - тој орбитали и r_n полупречник n - те орбитале. При томе важи $n = 1, 2, 3, \dots$

Трећи Боров постулат: Када електрон прелази са једне стационарне орбите на другу, он испушта или апсорбује фотон (квант енергије) чија је енергија једнака разлици енергија та два стања:

$$h\nu = |E_n - E_m|$$

Ту треба водити рачуна да електрон апсорбује фотон када прелази на стационарну орбиту са већом енергијом (када иде на орбиту удаљенију од језгра). Електрон емитује фотон када прелази на стационарну орбиту са мањом енергијом (када иде на орбиту ближу језгру). Дакле, први постулат објашњава стабилност атома, други кретање електрона око атома, а трећи линијске спетре водониковог атома.



- Боров модел водониковог атома

Бавићемо се само најједноставнијим атомима- водоником и атомима водониковог типа (елементима са мањим редним бројем). Величине које описују кружење електрона око језгра можемо добити помоћу другог Њутновог закона. Центрипетална сила је у том случају електрична сила којом језгро привлачи електроне:

$$m_e a_n = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze \cdot e}{r_n^2}$$

$$m_e \frac{v_n^2}{r_n} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r_n^2}$$

$$m_e v_n^2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r_n} \quad (*)$$

гдје је v_n брзина електрона на n - тој стационарној орбити, r_n полупречник n - те стационарне орбите, Ze наелектрисање језгра, а e наелектрисање електрона.

$$m_e v_n r_n \cdot v_n = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Ze^2$$

Узмимо сада у обзир други Боров постулат $m_e v_n r_n = n\hbar$, па замјеном у претходну формулу, добићемо брзину електрона на n - тој стационарној орбити:

$$n\hbar \cdot v_n = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Ze^2$$

$$v_n = \frac{Z}{n} \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \hbar}$$

До полупречника n - те стационарне орбите можемо доћи ако ову формулу искомбинујемо опет са другим Боровим постулатом $r_n = \frac{n\hbar}{m_e v_n}$:



ЕЛЕМЕНТИ КВАНТНЕ МЕХАНИКЕ

Максим Мичета

$$r_n = \frac{n\hbar}{m_e \frac{Z}{n} \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\hbar}}$$

$$r_n = \frac{n^2 4\pi\epsilon_0\hbar^2}{Z m_e e^2}$$

Ако уврстимо $Z = 1$ и $n = 1$ добићемо полупречник прве стационарне орбите водониковог атома $r_1 = \frac{4\pi\epsilon_0\hbar^2}{m_e e^2} = 0,5 \cdot 10^{-10} m$. Овај резултат потврђује раније експерименталне резултате који се односе на димезије атома.

Укупна енергија електрона који се налази на стационарној орбити једнака је збиру његове кинетичке енергије и потенцијалне енергије електричне интеракције језгра и датог електрона:

$$E = T + U$$

гдје је $T = \frac{m_e v_n^2}{2}$, а $U = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z e^2}{r_n}$. Ако примјенимо формулу (*) на израз за кинетичку енергију добићемо:

$$T = \frac{1}{8\pi\epsilon_0} \frac{Z e^2}{r_n} = -\frac{U}{2}$$

па је:

$$E_n = T - 2T = -T = -\frac{m_e v_n^2}{2}$$

а ако у ову формули уврстимо раније добијену формулу за брзину, добићемо:

$$E_n = -\frac{m_e \frac{Z^2}{n^2} \frac{e^4}{16\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^2}}{2}$$



Сређивањем ове формуле добићемо формулу за енергију електрона на n - тој стационарној орбити:

$$E_n = -\frac{1}{n^2} Z^2 \frac{m_e e^4}{32\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^2}$$

Ако уврстимо $Z = 1$ и $n = 1$ добићемо енергију електрона на првој стационарној орбити (у основном стању) $E_1 = -\frac{m_e e^4}{32\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^2} = -13,6eV$. Ову формулу можемо и другачије записати:

$$E_n = -\frac{1}{n^2} Z^2 \cdot 13,6eV$$

- Објашњење водениковог спектра

На основу трећег Боровог постулата знамо да атоми емитују електромагнетно зрачење при преласку електрона из вишег енергетског стања E_m у ниже енергетско стање E_n , при чему емитовани фотон има енергију:

$$h\nu = E_m - E_n$$

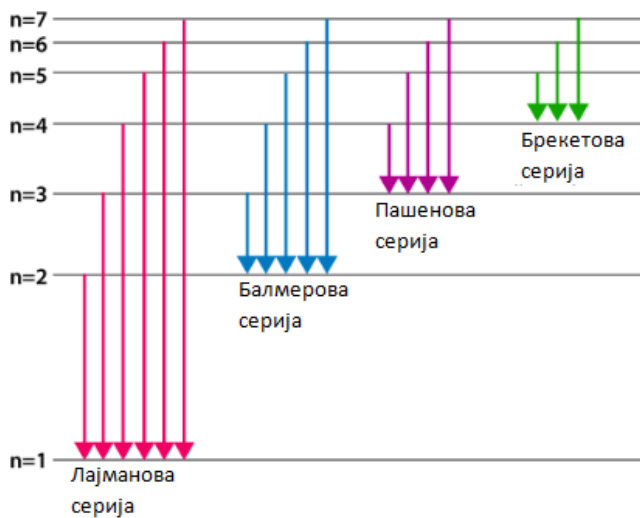
$$h \frac{c}{\lambda} = -\frac{1}{m^2} Z^2 \cdot 13,6eV + \frac{1}{n^2} Z^2 \cdot 13,6eV$$

$$\frac{1}{\lambda} = Z^2 \cdot \frac{13,6eV}{hc} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

За водеников атом $Z = 1$, а константа $\frac{13,6eV}{hc}$ износи $10973731,77m^{-1}$, тј. једнака је раније поменутој Ридберговој константи. Дакле, оно што се добија потврђује експерименталне резултате. Закључак је:

При преласку електрона из m - те стационарне орбите на n - ту стационарну орбиту емитије се фотон чија је таласна дужина одређена формулом:

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



Исти такав фотон мора апсорбовати атом да би електрон прешао из n - те стационарне орбите на m - ту стационарну орбиту

Спектралне серије које смо већ споменули, према Боровој теорији одговарају преласцима електрона са виших на тачно одређену стационарну орбиту водониковог атома.

Јонизација атома је процес при којем електрон напушта атом и постаје слободан. Том приликом електрон мора да пређе са прве стационарне орбите на ∞ стационарну орбиту. Пошто је $E_{\infty} = 0$, енергија јонизације је једнака енергији основног нивоа $E_j = E_1$.

Иако је Боров модел атом ријешао проблем стабилности атома, димензија атома и дискретног спектра зрачења атома, ова теорија је имала и своје недостатке:

- Борова теорија је недоследна. Користи квантну физику да би објаснио стабилно стање атома, али кретање електрона објашњава помоћу класичне физике.
- Ова теорија није обухватила зрачење сложенијих атома, већ само атома са малим редним бројем.
- Зашто електрон не зрачи енергију када се креће убрзано око језгра?
- Зашто су орбите електрона у атому квантоване?