

Seria Balmer. Determinarea constantei lui Rydberg

1 Obiectivele lucrării

- analiza spectrului în vizibil emis de atomii de hidrogen și determinarea lungimii de undă a liniilor serie Balmer;
- determinarea constantei lui Rydberg.

2 Principiul lucrării

2.1 Seria Balmer

Examinând liniile spectrale ale atomului de hidrogen înregistrate pe o placă fotografică se va determina lungimile de undă ale seriei Balmer, nivelele energetice precum și constanta lui Rydberg.

În fizica atomică, seria Balmer sau liniile Balmer, reprezintă una din cele șase serii care descriu liniile spectrale de emisie ale atomului de hidrogen. Liniile acestei serii sunt în vizibil.

Lungimile de undă ale liniilor serie Balmer se calculează folosind formula empirică descoperită de Johann Balmer în anul 1885.

$$\lambda = K \frac{m^2}{m^2 - 4}; \quad m = 3, 4, 5, \dots \quad (1)$$

unde K - o constantă.

Ulterior Rydberg a scris formula de mai sus sub o formă care poate fi folosită și pentru alte serii spectrale ale hidrogenului.

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

unde: R - constanta lui Rydberg; n, m - numere intregi; $n = 1, 2, 3, \dots$; pentru o serie spectrala n ia o valoare constanta si $m = n+1, n+2, \dots$.

Denumirea diferitelor serii de linii este data de nivelul cu energia cea mai mica implicat in tranzitiile care dau nastere acestora. Seria Lyman implica tranzitii pe starea fundamentala ($n=1$); seria Balmer (in care toate liniile sunt in vizibil) corespund tranzitiilor pe nivelul $n=2$; seria Paschen pe $n=3$; seria Brackett pe $n=4$; seria Pfund pe $n=5$.

2.2 Spectrul atomului de hidrogen

Intr-o lampa cu hidrogen electronii atomilor sunt excitati pe nivele energetice superioare prin ciocniri cu electroni accelerati. Cand acesti electroni excitati revin pe nivelele energetice inferioare, atomii emit lumina a carei frecventa este data de diferenta nivelelor energetice implicate:

$$\Delta E = h \cdot \nu \quad (3)$$

unde h este constanta lui Planck.

Aplicand modelul atomic al lui Bohr, energia E_n a unei orbite permise pentru un electron este data de:

$$E_n = -\frac{1}{8} \frac{e^4 m_e}{\varepsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2}; \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (4)$$

unde ε_0 este permitivitatea absoluta a vidului $\varepsilon_0 = 8.8542 \cdot 10^{-34} \text{ As/Vm}$, $e = 1.6021 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ este sarcina electronului, iar $m_e = 9.1091 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$ este masa de repaus a electronului. Frecventa de emisie poate avea astfel urmatoarele valori:

$$\nu_{nm} = \frac{E_f - E_i}{h} = \frac{1}{8} \frac{e^4 m_e}{\varepsilon_0^2 h^3} \cdot \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right); \quad n, m = 1, 2, 3, \dots \quad (5)$$

Daca se foloseste numarul de unda $\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda}$ in loc de frecventa ν si se inlocuieste $c = \lambda \cdot \nu$ atunci se obtine:

$$\tilde{\nu} = R_\infty \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (6)$$

unde $R_\infty = \frac{1}{8} \frac{e^4 m_e}{\varepsilon_0^2 h^3 c} = 1.097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ este constanta lui Rydberg ce se obtine din modelul lui Bohr.

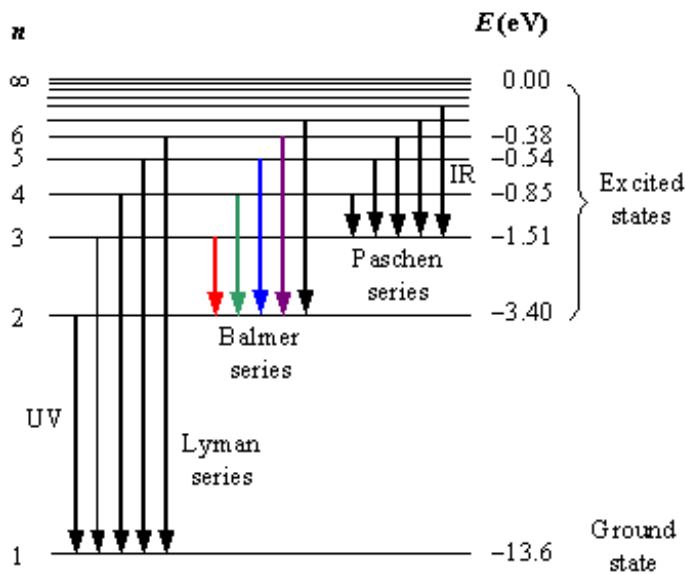


Figure 1: Nivelele energetice ale atomului de H cu tranzitii care dau nastere anumitor linii spectrale.

Se observa ca formula empirica 2 scrisa de Rydberg este in buna concordanza cu formula 6 derivata din modelul Bohr. Numarul de unda al liniilor observate in spectrul vizibil este proportional cu $(1/4 - 1/m^2)$, factorul de de proportionalitate fiind chiar constanta lui Rydberg pentru atomul de H.

In figura 1 este prezentata diagrama nivelelor de energie si seriile spectrale ale atomului de H. Pentru $m \rightarrow \infty$ se pot obtine limitele seriilor; energia asociata este astfel energia de legatura a electronului in a n-a orbita permisa. Energia de legatura poate fi astfel calculata prin intermediul urmatoarei relatii:

$$E_n = -R_\infty \cdot h \cdot c \cdot \frac{1}{n^2} \quad (7)$$

unde $c = 2.99795 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, iar $h = 6.6256 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4.1356 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$. Energia nivelului fundamental fiind astfel de $E_{ion} = 13.6 \text{ eV}$.

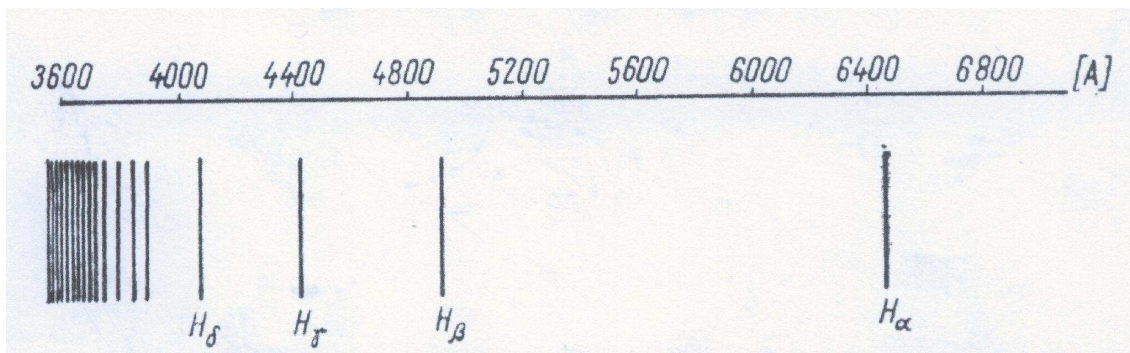


Figure 2: Spectrul atomului de H

Energia de ionizare a atomului de H aflat în stare fundamentală este :

$$E_{ion} = -E_1 \quad (8)$$

Spectrul vizibil al luminii emise de atomul de hidrogen prezintă linii ale căror lungimi de undă corespund tranzițiilor electronilor de pe nivele energetice caracterizate de numere cuantice principale $n_i > 2$ pe nivelul caracterizat de $n=2$. Tranzițiile sunt denumite cu litere grecești: de pe $n = 3$ pe $n = 2$ se numește H_α , de pe 4 pe 2 este H_β , de pe 5 pe 2 este H_γ , și de pe 6 pe 2 este H_δ .

<i>Tranziția n</i>	$3 \rightarrow 2$	$4 \rightarrow 2$	$5 \rightarrow 2$	$6 \rightarrow 2$	$\infty \rightarrow 2$
<i>Denumire</i>	H_α	H_β	H_γ	H_δ	
<i>lungime de unda (nm)</i>	656.3	486.1	434.1	410.2	364.6
<i>culoare</i>	rosu	albastru – verde	violet	violet	ultraviolet

3 Modul de lucru

În fig.2 este prezentat spectrul în vizibil al atomilor hidrogenului înregistrat pe o placă fotografică. În imagine se da și o scară a lungimilor de undă.

1. Din spectru, măsurând cu o rigla poziția liniilor (în mm), se determină lungimea de undă, λ_{exp} .

Datele se trec în tabel de mai jos:

<i>Linia</i>	<i>Pozitia</i> [mm]	λ_{exp} [nm]	λ_{lit} [nm]	
H_{α}				
H_{β}				
H_{δ}				
H_{γ}				

2. Se compara λ_{exp} cu valorile din literatura λ_{lit} (pentru primele 4 linii care au fost date in tabelul de mai sus).
3. Se reprezinta grafic $\frac{1}{\lambda_{exp}}$ in functie de $(\frac{1}{2} - \frac{1}{m^2})$ si se determina constanta lui Rydberg, R.
4. Se calculeaza energia de ionizare a atomilor de hidrogen in starea fundamentala, E_{ion} .

References

- [1] F.Popescu, F.Marica: **Fizica Atomica** , Ed.Ars Docendi, Bucuresti 1998.
- [2] E.V.Sploski, **Fizica Atomica**,Ed.Tehnica, 1953, vol.II, pag.428; pag.462.