

Validarea experimentală a modelului Bohr Constanta Rydberg

Stefan-Razvan Anton
Anul 3, Grupa 1334,
Facultatea de Științe Aplicate

November 14, 2021

1 Scopul lucrării

1. Înțelegerea modelului Bohr al atomului aplicat la atomul de hidrogen.
2. Determinarea valorii constantei Rydberg.
3. Însușirea unei tehnici spectroscopice și aplicarea acesteia la identificarea și caracterizarea unei specii atomice.

2 Principiul fizic

La baza realizării acestui experiment este formula de recombinare Rydberg-Ritz

$$\frac{1}{\lambda_{mn}} = R_H \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad (1)$$

unde R_H este constanta Rydberg.

Această formulă descrie lungimea de undă a unei linii spectrale a atomului de hidrogen la trecerea de pe nivelul de energie cu numărul cuantic m pe nivelul de energie cu numărul cuantic n .

Constanta Rydberg se poate obține în mod analitic prin formula

$$R_H = \frac{me^4}{8\epsilon_0 h^3 c} \approx 10973731.56 \text{ m}^{-1}, \quad (2)$$

unde m este masa electronului, e este sarcina electronului, ϵ_0 reprezintă permeabilitatea vidului, h este constanta lui Planck, iar c este viteza luminii în vid.

3 Montajul experimental

Experimentul implică analiza seriilor spectrale de emisie ce rezultă în urma unei simulări. Montajul (figura 1) permite modificarea distanței de la sursa la planul observatorului prin apăsarea

pe săgețile de la baza ecranului, modificarea constantei rețelei de difracție ("lines/mm") prin apăsarea pe numărul acestora și modificarea elementului al cărui spectru de emisie îl vizualizăm prin apăsarea pe numele acestuia. Inclusă în montaj este și o rigla gradată în cm ce permite măsurarea poziției unei linii spectrale.

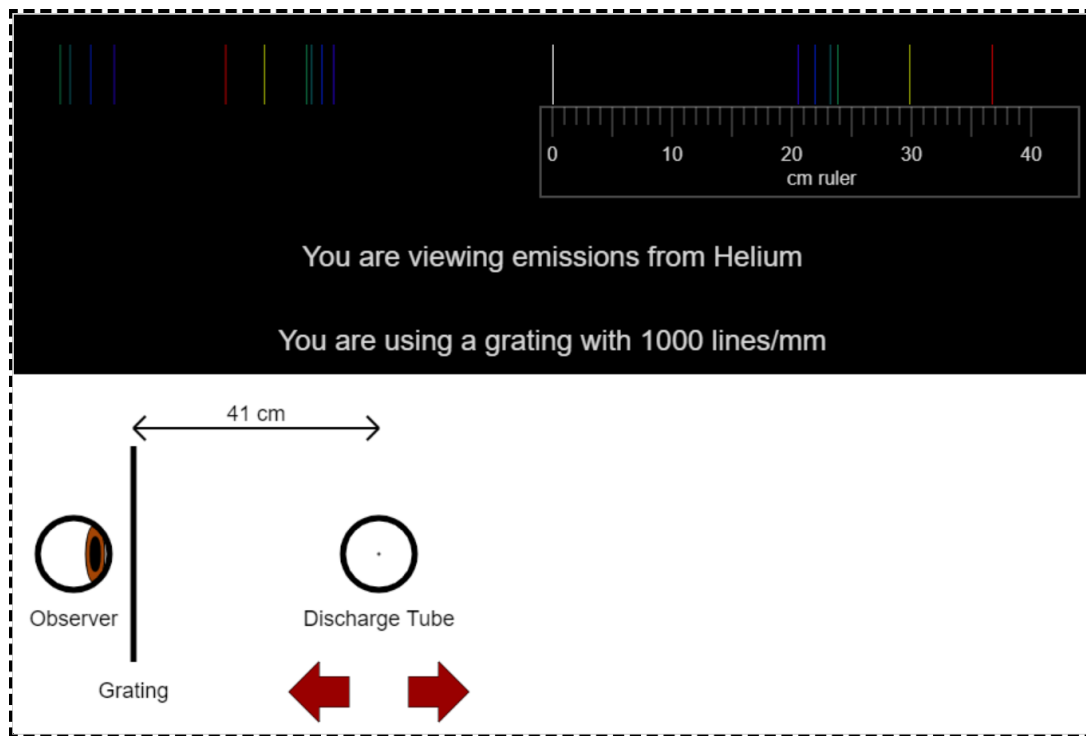


Figure 1: Montajul experimental (simulatorul).

Pentru efectuarea lucrării sunt necesare simulatoarele [1] [2], baza de date [3] și un program de procesare a imaginilor, de exemplu ImageJ.

4 Modul de lucru

Utilizând simulatorul [1] determinăm valoarea optimă a constantei rețelei de difracție folosite și a distanței de la sursă la planul observatorului pentru măsurarea optimă a spectrului vizibil.

Introducem aceste valori în simulatorul pentru spectrele de emisie [2], schimbăm lampa inițială cu cea de hidrogen prin apăsarea pe "You are viewing emissions from" și notăm într-un tabel valorile pozițiilor liniilor spectrale folosind rigla prevăzută.

Utilizând baza de date [3] aflăm valorile lungimii de undă a liniilor spectrale înregistrate anterior, identificarea se va face după culoare și se vor considera doar liniile marcate ca "strong" sau "medium". Pe baza acestor date trasăm curba de etalonare $\lambda = \lambda(x)$ și aflăm parametrii acesteia. Schimbăm lampa de heliu cu cea de hidrogen și înregistrăm într-un tabel valorile pozițiilor liniilor spectrale folosind rigla prevăzută.

Utilizând dreapta de etalonare aflăm valorile lungimii de undă pentru fiecare dintre liniile spectrale înregistrate anterior. După aflarea lor, verificăm dacă lungimea de undă determinată experimental corespunde culorii din simulator.

Identificăm liniile spectrale obținute cu cele ale seriei Balmer și determinăm numerele cuantice

corespunzatoare tranzitiilor respective. In final, calculam constanta Rydberg folosind ecuatia (1).

5 Prelucrarea datelor experimentale si interpretarea rezultatelor

Prin analiza simulatorului [1] ajungem la concluzia ca valorile optime pentru constanta retelei de difractie si pentru distanta de la sursa la planul observatorului sunt 1000 linii/mm respectiv 41 cm. Aceste valori au fost alese deoarece corespund lungimii maxime ale spectrului vizibil (490 - 700)(nm) masurata folosind rigla prevzuta in program.

Valoarea pozitiilor liniilor spectrale pentru heliu, intensitatea acestora si lungimea de unda au fost notate in Tabelul (1).

Nr. linie	Culoare	Intensitate	x (cm)	λ (nm)
1	albastru	puternica	22.00	447
2	albastru	medie	23.57	471
3	cyan	puternica	24.88	492
4	turcoaz	puternica	25.60	501
5	galben	puternica	32.50	587
6	rosu	medie	39.30	667

Table 1: Tabelul de etalonare cu ajutorul heliului.

Prin utilizarea regresiei liniare se obtin parametrii dreptei $\lambda = \lambda(x)$ ca fiind

$$\lambda(x) = 176 + 12.57x . \quad (3)$$

Valorile obtinute experimental si dreapta de regresie pot fi vizualizate in Figura 2.

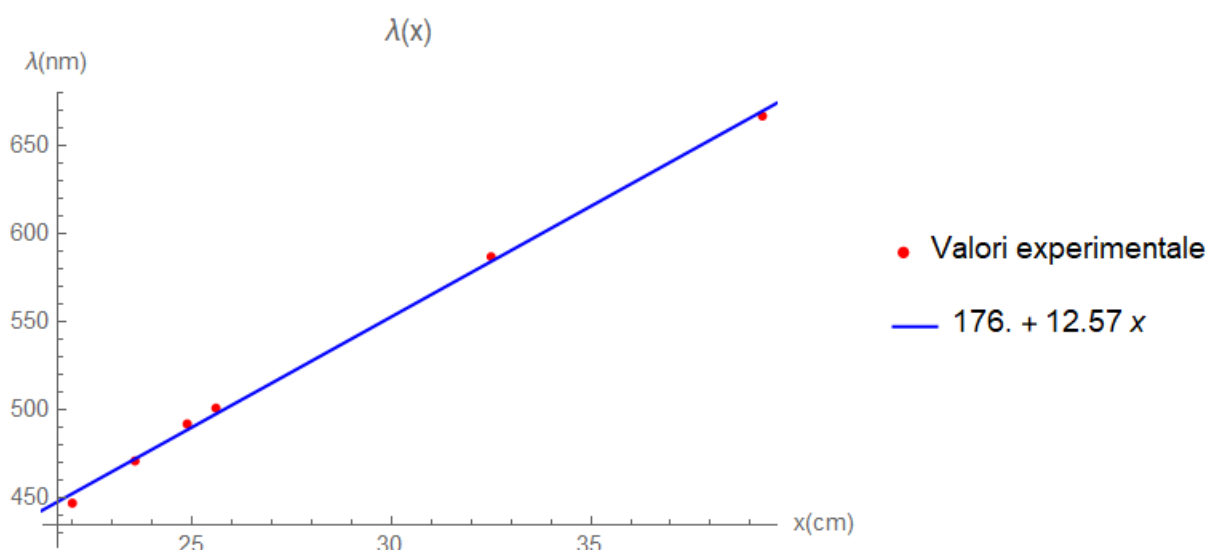


Figure 2: Dreapta de regresie (albastru) si valorile obtinute experimental (rosu).

In continuare, am notat valoarea pozitiilor liniilor spectrale pentru hidrogen, culoarea, lungimea de unda determinata experimental cu ajutorul ecuatiei (3), numarul cunatic obtinut

prin identificare cu seria Balmer si constanta Rydberg determinata experimental in Tabelul (2). Fiecare culoare asociata lungimii de unda determinata experimental corespunde cu cea afisata in

Nr. linie	Culoare	x (cm)	λ (nm)	Nr. cuantic corespunzator	Constanta Rydberg (m^{-1})
1	violet	19.80	424	6	$1.09256 * 10^7$
2	mov	21.45	446	5	$1.06769 * 10^7$
3	turcoaz	24.50	484	4	$1.10193 * 10^7$
4	rosu	38.41	659	3	$1.09256 * 10^7$

Table 2: Determinarea valorilor lungimii de unda pentru hidrogen.

simulator.

Calculam valoarea medie a constantei Rydberg ca fiind $R_{H_m} = 1.088685 * 10^7 m^{-1}$ si deviatia standard $\sigma = 1.271073 * 10^5 m^{-1}$, deci valoarea constantei Rydberg este

$$R_{H_e} = 1.088685 * 10^7 \pm 1.271073 * 10^5 (m) .$$

Comparam aceasta valoare cu cea teoretica (2) si observam ca am reusit sa determinam valoarea experimentală a constantei Rydberg cu o eroare de 0.79%.

6 Concluzii

In aceasta lucrare am validat experimental modelul Bohr al atomului prin observarea liniilor spectrale. Prin utilizarea unor simulatoare am reusit sa obtinem valoarea pozitiiilor liniilor spectrale pentru heliu si hidrogen, care au fost folosite pentru etalonare respectiv determinarea experimentală a constantei Rydberg. Eroarea la determinarea constantei Rydberg a fost de 0.79%, iar posibilele surse de eroare sunt masurarea pozitiiilor liniilor spectrale si trunchierea numarului de zecimale in calculele numerice