

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. Intelegerea modelului Bohr al atomului aplicat la atomul de hidrogen.
2. Determinarea valorii constantei Rydberg.
3. Insusirea 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.

Aceasta formula descrie lungimea de undă a unei linii spectrale a atomului de hidrogen la treccerea 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

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

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

3 Montajul experimental

Experimentul implica analiza seriilor spectrale de emisie ce rezultată în urma unei simulații. Montajul (figura 1) permite modificarea distanței de la sursă la planul observatorului prin apasarea

pe sagetiile de la baza ecranului, modificarea constantei retelei de difractie ("lines/mm") prin apasarea pe numarul acestora si modificarea elementului al carui spectru de emisie il vizualizam prin apasarea pe numele acestuia. Inclusa in montaj este si o rigla gradata in cm ce permite masurarea pozitiei unei linii spectrale.

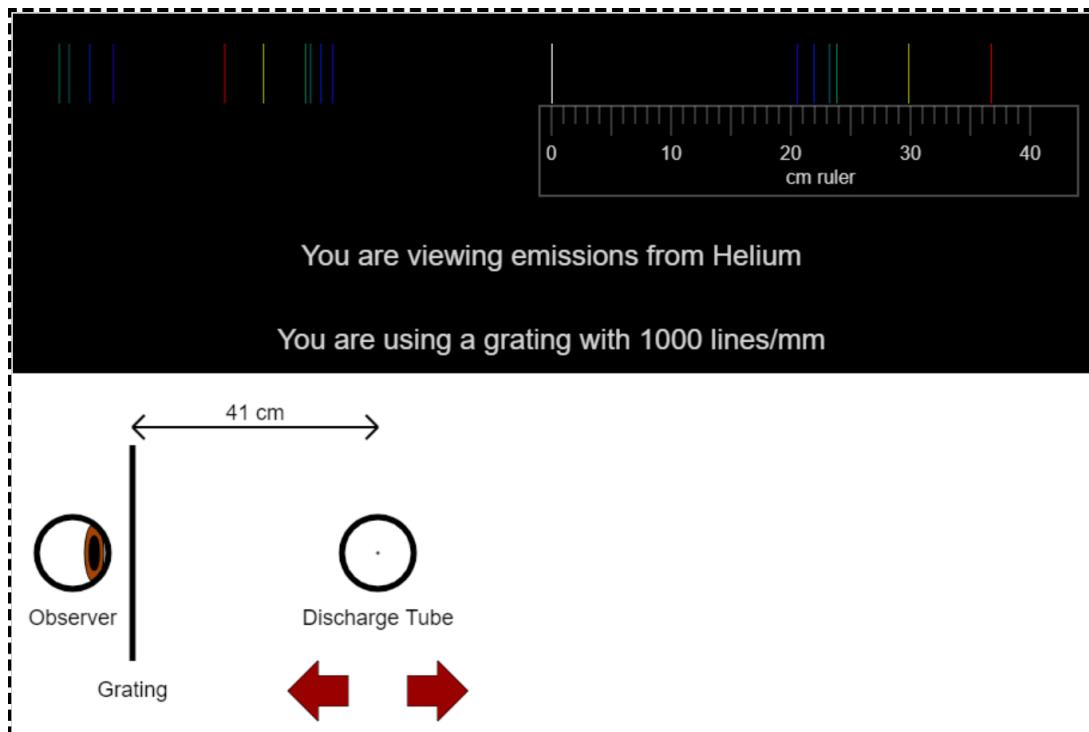


Figure 1: Montajul experimental (simulatorul).

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

4 Modul de lucru

Utilizand simulatorul [1] determinam valoarea optima a constantei retelei de difractie folosite si a distantei de la sursa la planul observatorului pentru masurarea optima a spectrului vizibil.

Introducem aceste valori in simulatorul pentru spectrele de emisie [2], schimbam lampa initiala cu cea de hidrogen prin apasarea pe "You are viewing emissions from" si notam intr-un tabel valoarea pozitiilor liniilor spectrale folosind rigla prevazuta.

Utilizand baza de date [3] aflam valorile lungimii de unda a liniilor spectrale inregistrate anterior, identificarea se va face dupa culoare si se vor considera doar liniile marcate ca "strong" sau "medium". Pe baza acestor date trasam curba de etalonare $\lambda = \lambda(x)$ si aflam parametrii acestaia. Schimbam lampa de heliu cu cea de hidrogen si inregistram intr-un tabel valorile pozitiilor liniilor spectrale folosind rigla prevazuta.

Utilizand dreapta de etalonare aflam valorile lungimii de unda pentru fiecare dintre liniile spectrale inregistrate anterior. Dupa aflarea lor, verificam daca lungimea de unda determinata experimental corespunde culorii din simulator.

Identificam liniile spectrale obtinute cu cele ale seriei Balmer si determinam 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.

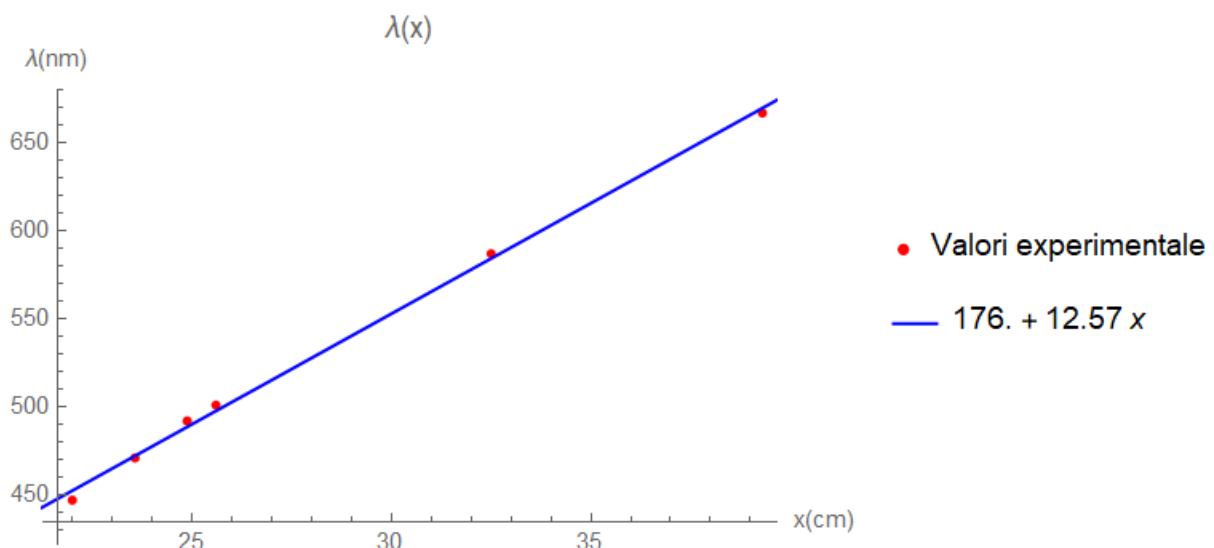


Figure 2: Dreapta de regresie (albastru) si valorile obtinute experimental (rosu).

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 valoriilor 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 valoara 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 pozitiilor 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 pozitiilor liniilor spectrale si trunchierea numarului de zecimale in calculele numerice