

Analiza spectroscopică a unor lămpi cu descărcare

Ştefan-Răzvan Anton
Anul 3, Grupa 1334,
Facultatea de Științe Aplicate

April 25, 2022

1 Scopul lucrării

1. Înțelegerea structurii și funcționării unei lămpi cu descărcare în gaze.
2. Utilizarea unei metode spectroscopice pentru caracterizarea și analiza unor plasme de desărcare.
3. Identificarea elementelor chimice din plasma de descărcare.

2 Principiul fizic

O lampă cu descărcare în gaz produce lumină printr-o descărcare electrică într-un gaz ionizat, adică plasmă. Principul de funcționare a acestora este bazat pe crearea unui câmp electric între anodul și catodul lămpii. Câmpul astfel creat accelerează electronii liberi către anod și ionii pozitivi către catod. Datorită ciocnirii inelastice cu particulele neutre din gaz, dacă electronii accelerăți ajung la o energie cinetică suficientă de mare aceștia pot excita și ioniza particulele neutre. Deoarece stările excitate sunt instabile, acestea sunt urmate imediat de un proces dedezexcitare și eliberare de energie sub forma de radiații. La dezexcitare atomii elementelor chimice emit un spectru de radiații unice pentru fiecare element, astfel, elementele chimice pot fi identificate după aceste spectre. Radiațiile eliberate pot fi în spectrul vizibil sau nu. În lucrarea de față vom utiliza doar spectrul vizibil, deci spectrul datorat electronilor ce se găsesc pe orbita periferică a atomilor. Pentru generarea spectrului pornind de la radiația luminoasă emisă de lampa cu decărcare în gaz se va utiliza o prismă optică. Datorită dependenței indicelui de refracție al sticlei de lungimea de undă aceasta va devia sub un unghi diferit radiațiile luminoase, deci se obține o separare a luminii în elementele componente ale acesteia.

3 Montajul experimental

Montajul constă într-o lampă cu descărcare în gaz alimentată de la o sursă. Lumina emisă de lampă se propagă divergent printr-o fântă reglabilă de intrare și mai apoi prin colimator. Lumina cade paralel pe prismă la un unghi mic. Prisma refractă și separă componente spectrale ale

luminii. Spectrul luminii poate fi observat prin telescop. Studierea spectrogramei se face cu ajutorul telescopului ce poate fi rotit față de prisma din centrul montajului. Deplasarea telescopului în jurul prismei permite măsurarea unghiului la care are loc o anumită linie spectrală. Pentru fixarea telescopului pe linia dorită acesta este prevăzut cu o 'țintă' în formă de X ce se va centra pe linia dorită.



Figure 1: Montajul experimental.

4 Modul de lucru

Pentru pasii ce implică schimbarea lămpii se va apela la profesor.

Pas 1. Se porneste lampa cu descărcare în Heliu și se așteaptă 5 minute să își atingă intensitatea maximă.

Pas 2. Privind pe telescop, acesta se roteste până se observă prima linie spectrală.

Pas 3. Se înregistrează valoarea unghiului la care a fost detectată linia spectrală.

Se repetă pașii 2 și 3 până s-a înregistrat unghiul pentru toate liniile.

Pas 4. Datele înregistrate pentru Heliu se trec într-un tabel, iar acestea sunt folosite pentru a obține o curba de etalonare de forma $\lambda = \lambda(x)$.

Pas 5. Se schimbă lampa de Heliu cu cea de Zinc și se repetă pașii 2 și 3 până ce s-a înregistrat unghiul pentru toate liniile.

Pas 6. Datele înregistrate pentru lampa cu descărcare în Zinc se trec într-un tabel, iar curba de etalonare este folosită pentru a determina lungimea de undă a liniei spectrale înregistrate.

Se repetă pașii 5 și 6 pentru lampa cu descărcare în Cadmiu.

5 Rezultate

În urma parcurgerii pașilor descriși în secțiunea anterioară rezultă tabelul pentru etalonare 1 și curba de etalonare. După ce am aflat curba de etalonare am calculat lungimea de undă experimentală și pentru Heliu.

$$\lambda = 7691.29 - 57.01x[nm],$$

unde x este unghiul la care s-a înregistrat linia spectrală (în grade).

De asemenea, în figura 2 am reprezentat curba de etalonare și valorile experimentale pentru lampa cu descărcare în Heliu.

În următoarele tabele lungimea de undă teoretică este reprezentată prin λ_t și lungimea de undă determinată experimental este reprezentată prin λ_e

Culoare	Unghi [grade]	λ_t [nm]	λ_e [nm]	Tranzitie	ΔE [eV]	E_{foton} [eV]
roșu	123.5	668	639	$3^1D_2 \rightarrow 2^1P_1$	1.8561	1.9402
portocaliu	124.3	587	593	$3^3D \rightarrow 2^3P$	2.1096	2.090
verde	125.85	504	503	$4^1S_0 \rightarrow 2^1P_1$	2.4556	2.4649
verde	126.35	492	486	$4^1D_2 \rightarrow 2^1P_1$	2.5183	2.5511
albastru	127.1	447	431	$4^3D \rightarrow 2^3P$	2.7720	2.8766
violat	127.25	438	422	$5^1D_2 \rightarrow 2^1P_1$	2.8248	2.9380

Table 1: Tabelul pentru etalonare cu ajutorul lămpii cu descărcare în Heliu.

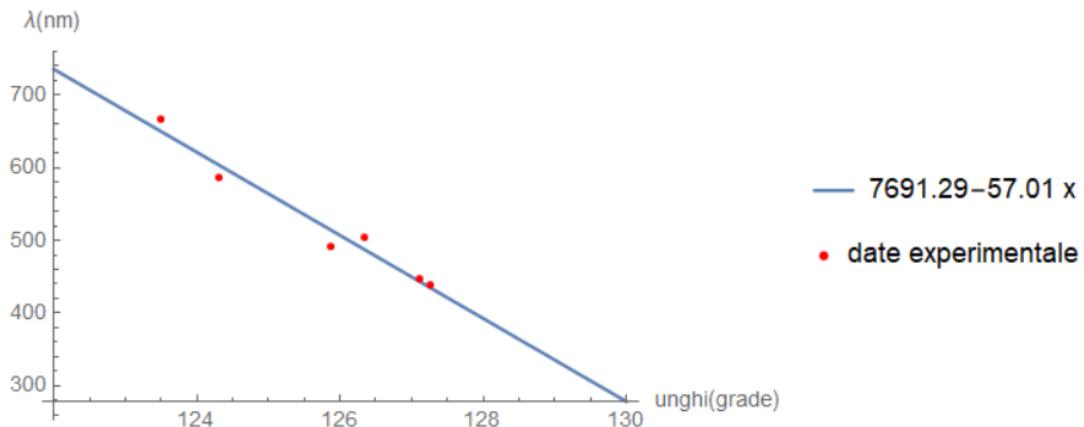


Figure 2: Curba de etalonare și valorile experimentale pentru lampa cu descărcare în Heliu.

În continuare, utilizând curba de etalonare obținută anterior împreună cu datele experimentale calculăm lungimea de undă experimentală (λ_e) pentru lampa cu descărcare în Cadmiu (tabelul 2) și pentru lampa cu descărcare în Zinc (tabelul 3).

Culoare	Unghi [grade]	λ_t [nm]	λ_e [nm]	Tranzitie	ΔE [eV]	E_{foton} [eV]
roșu	124	643	620	$5^1D_2 \rightarrow 5^1P_1$	1.9251	1.9997
verde	125.6	508	529	$6^3S_1 \rightarrow 5^3P_2$	2.4372	2.3437
albastru	126.25	479	492	$6^3S_1 \rightarrow 5^3P_1$	2.5823	2.5200
ablastru	126.65	467	469	$6^3S_1 \rightarrow 5^3P_0$	2.6495	2.6435
mov	127.2	441	438	$6^1S_0 \rightarrow 5^3P_1$	2.8087	2.8307

Table 2: Determinarea lungimii de undă pentru lampa cu descărcare în Cadmiu.

Culoare	Unghi [grade]	λ_t [nm]	λ_e [nm]	Tranzitie	ΔE [eV]	E_{foton} [eV]
roșu	123.85	636	629	$4^1D_2 \rightarrow 4^1P_1$	1.9482	1.9711
verde	125.5	518	535	$6^1S_0 \rightarrow 4^1P_1$	2.3919	2.3174
albastru	126.05	481	504	$5^3S_1 \rightarrow 4^3P_2$	2.5766	2.4600
ablastru	126.55	472	475	$5^3S_1 \rightarrow 4^3P_1$	2.6248	2.6102
albastru	126.8	468	461	$5^3S_1 \rightarrow 4^3P_0$	2.6484	2.6894

Table 3: Determinarea lungimii de undă pentru lampa cu descărcare în Zinc.

Pentru identificarea elementelor chimice din plasma de descărcare se pot compara specrele înregistrate experimental(figurele 3 4 5) cu o bază de date a spectrelor a tuturor elementelor chimice.



Figure 3: Spectrul pentru plasma de descărcare în Heliu.



Figure 4: Spectrul pentru plasma de descărcare în Cadmiu.



Figure 5: Spectrul pentru plasma de descărcare în Zinc.

Structura fină, divizarea liniilor spectrale ale atomilor din cauza spinului electronului și corecțiilor relativiste la ecuația Schrödinger pot fi observate în tabelele 2 și 3, pentru unele tranziții se observă structura fină $6^3S_1 \rightarrow 5^3P_2$, $6^3S_1 \rightarrow 5^3P_1$ și $6^3S_1 \rightarrow 5^3P_0$ pentru Cadmiu și tranzițiile $5^3S_1 \rightarrow 4^3P_2$, $5^3S_1 \rightarrow 4^3P_1$ și $5^3S_1 \rightarrow 4^3P_0$ pentru Zinc. Pentru aceste tranziții,

dacă ne uităm la coloana ΔE ar trebui să observăm că valoriile sunt foarte apropiate, lucru care se confirmă. De asemenea același comportament se observă la ΔE experimental (adică energia fotonului emis E_{foton}).

Eroarea pătratica medie a lungimiilor de undă determinate experimental este 15.41 pentru Heliu, 15.17 pentru Cadmiu și 13.60 pentru Zinc. Surprinzător este faptul că eroarea pentru Heliu este mai mare decât pentru Zinc și Cadmiu chiar dacă etalonarea s-a făcut după valoriile experimentale ale Heliului. Un motiv pentru acest fenomen poate fi faptul că la citirea unghiului pentru Heliu nu s-a privit perpendicular pe planul riglei unghiulare. Această eroare de citire de câteva zecimi de grade poate să fie influențat rezultatul. O altă explicație este că, din grabă, 'ținta' de pe telescopul cu care se localizează liniile spectrale nu a fost poziționată corespunzător, în special pentru liniile care nu au o intensitate puternică.

6 Concluzii

În această lucrare am studiat funcționarea lămpilor cu descărcare în Heliu, Cadmiu și Zinc. Am determinat experimental unghiul la care apar liniile spectrale ale plasmei de descărcare și prin etalonarea cu ajutorul lampii cu descărcare în Heliu am determinat lungimea de undă a liniilor spectrale a celorlalte două lămpi. Am observat structura fină în lampaile cu descărcare în Cadmiu și Zinc. Am propus un procedeu pentru identificarea elementelor chimice din plasma de descărcare.