

# Analiza spectroscopică a unor lămpi cu descărcare

Ștefan-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 plasmă de descărcare.
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. Principiul 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 accelerați ajung la o energie cinetică suficient de mare aceștia pot excita și ioniza particulele neutre. Deoarece stările excitate sunt instabile, acestea sunt urmate imediat de un proces de dezexcitare 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 electroniilor ce se găsesc pe orbita periferică a atomiilor. Pentru generarea spectrului pornind de la radiația luminoasă emisă de lampa cu descărcare 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 fantă reglabilă de intrare și mai apoi prin colimator. Lumina cade paralel pe prismă la un unghi mic. Prisma refractă și separă componentele spectrale ale

luminii. Spectrul luminii poate fi observat prin telescop. Studiarea spectrogramei se face cu ajutorul telescopului ce poate fi rotit fața de prisma din centrul montajului. Deplasarea telescopului în jurul prisme 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 pași 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 rotește 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 unda experimentală și pentru Helium.

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

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 Helium.

În următoarele tabele lungimea de undă teoretică este reprezentată prin  $\lambda_t$  și lungimea de undă determinată experimental este reprezentată prin  $\lambda_e$

Culoare	Unghi [grade]	$\lambda_t$ [nm]	$\lambda_e$ [nm]	Tranziție	$\Delta E$ [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 Helium.

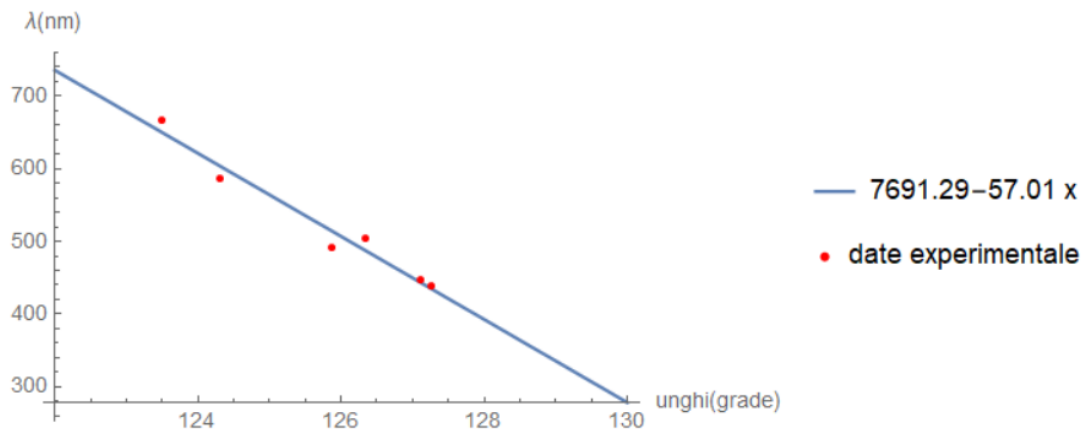


Figure 2: Curba de etalonare și valorile experimentale pentru lampa cu descărcare în Helium.

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

Culoare	Unghi [grade]	$\lambda_t$ [nm]	$\lambda_e$ [nm]	Tranziție	$\Delta E$ [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]	$\lambda_t$ [nm]	$\lambda_e$ [nm]	Tranziție	$\Delta E$ [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 spectrele înregistrate experimental(figuriile 3 4 5) cu o bază de date a spectrelor a tuturor elementelor chimice.



Figure 3: Spectrul pentru plasma de descărcare în Helium.

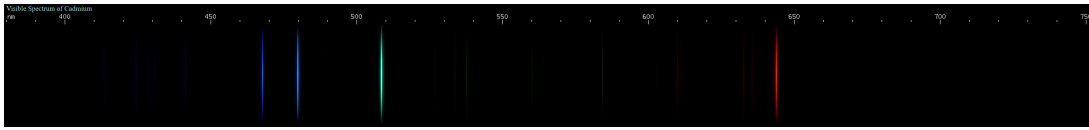


Figure 4: Spectrul pentru plasma de descărcare în Cadmiu.

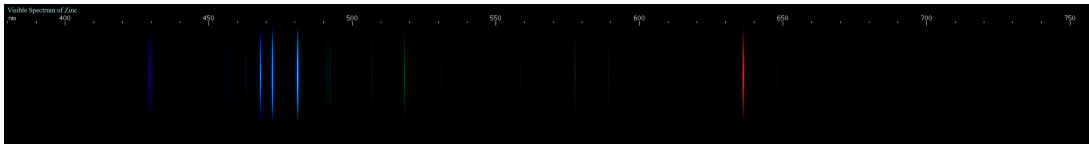


Figure 5: Spectrul pentru plasma de descărcare în Zinc.

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 observa 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  $\Delta E$  ar trebui să observăm că valorile sunt foarte apropiate, lucru care se confirmă. De asemenea același comportament se observă la  $\Delta E$  experimental (adica energia fotonului emis  $E_{foton}$ ).

Eroarea pătratică medie a lungimiilor de undă determinate experimental este 15.41 pentru Helium, 15.17 pentru Cadmiu și 13.60 pentru Zinc. Surprinzător este faptul că eroarea pentru Helium este mai mare decât pentru Zinc și Cadmiu chiar dacă etalonarea s-a făcut după valorile experimentale ale Heliumului. Un motiv pentru acest fenomen poate fi faptul că la citirea unghiului pentru Helium nu s-a privit perpendicular pe planul riglei unghiulare. Această eroare de citire de câteva zecimi de grade poate să fi 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 lămpiilor cu descărcare în Helium, Cadmiu și Zinc. Am determinat experimental unghiul la care apar liniile spectrale ale plamei de descărcare și prin etalonarea cu ajutorul lampii cu descărcare în Helium am determinat lungimea de undă a liniilor spectrale a celorlalte două lămpi. Am observat structura fină în lămpiile cu descărcare în Cadmiu și Zinc. Am propus un procedeu pentru identificarea elementelor chimice din plasma de descărcare.