

# SPECTROSCOPUL. DETERMINAREA SPECTRELOR DE EMISIE ȘI DE ABSORBȚIE

## 1. Scopul lucrării

1.1. Punerea în evidență a fenomenului de dispersie a luminii prin observarea unor spectre de emisie și de absorbție.

1.2. Etalonarea unui spectroscop (trasarea graficului de etalonare) cu ajutorul unui spectru cunoscut.

1.3. Determinarea spectrelor de emisie pentru hidrogen și heliu.

1.4. Determinarea spectrului de absorbție pentru o soluție de permanganat de potasiu.

1.5. Determinarea dispersiei liniare a spectroscopului.

## 2. Teoria lucrării

### 2.1. Dispersia luminii

Prin dispersie se înțeleg fenomenele care apar la trecerea luminii printr-un mediu al cărui indice de refracție  $n$  depinde de lungimea de undă  $\lambda$ . În afara domeniilor de absorbție, în mediile dispersive, indicele de refracție crește cu scăderea lungimii de undă (dispersie normală).

Dependența  $n = f(\lambda)$  se numește lege de dispersie a mediului.

Datorită dispersiei undele luminoase care alcătuiesc o radiație complexă sunt deviate cu unghiuri diferite la pătrunderea într-un mediu dispersiv și astfel pot fi observate separat. Un dispozitiv simplu prin care se obține separarea luminii prin dispersie este prisma optică (Fig. 1).

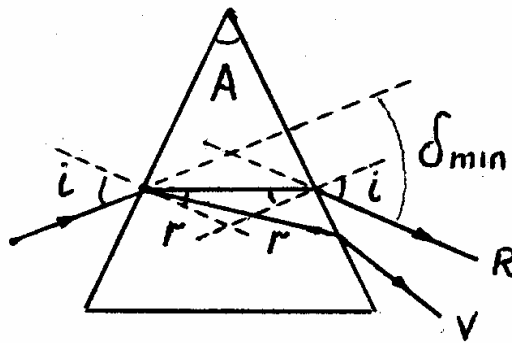


Fig. 1

Unghiul de deviație (între raza incidentă și raza emergentă) la trecerea luminii prin prismă este

$$\delta = i_1 - r_1 + i_2 - r_2 = i_1 + i_2 - A \quad (1)$$

Acest unghi este minim pentru  $i_1 = i_2 = i$  și  $r_1 = r_2 = r = A/2$  (raza este, în prismă, paralelă cu baza). Ca urmare

$$\delta_{\min} = 2i - A \quad (2)$$

Deoarece

$$\sin i = n \sin r \quad (3)$$

și ținând cont de  $r = A/2$ , relația (2) devine

$$\delta_{\min} = 2 \arcsin\left(n \sin \frac{A}{2}\right) - A \quad (4)$$

care arată că deviația minimă depinde de indicele de refracție. Se poate arăta că și deviația  $\delta$  este funcție de  $\lambda$ .

Dependența indicelui de refracție de lungimea de undă implică dependența unghiurilor  $\delta$  și  $\delta_{\min}$  de aceeași mărime.

## 2.2. Spectre de emisie și spectre de absorbție

Un sistem microscopic (atom, moleculă, nucleu etc.) se caracterizează prin faptul că poate exista numai în anumite stări, numite stări staționare, corespunzătoare unei mulțimi discrete de valori ale energiei (nivele de energie).

Orice variație a energiei sistemului microscopic se face printr-o tranziție dintr-o stare staționară în alta. Ne interesează tranzițiile radiative când sistemul emite sau absoarbe un foton. Astfel la trecerea sistemului din starea cu energia  $E_n$  în starea cu energia  $E_m$  ( $E_n > E_m$ ) se emite un foton cu energia

$$h\nu = E_n - E_m \quad (5)$$

La absorbția unui foton, cu energia  $h\nu$  egală cu membrul drept din (5), sistemul trece din starea cu energie mai mică  $E_m$  în starea cu energie mai mare  $E_n$ .

Totalitatea radiațiilor emise de un sistem microscopic constituie spectrul de emisie al sistemului.

Pentru atomi sunt caracteristice spectrele discrete care sunt formate din linii (radiații monocromatice) izolate. Denumirea de linie spectrală vine de la faptul că

metodele experimentale duc la observarea radiațiilor monocromatice ca imagini ale unei fante înguste. O linie spectrală corespunde teoretic unei radiații monocromatice cu frecvența  $\nu$  (lungimea de undă  $\lambda$ ). În realitate liniile spectrale nu sunt riguros monocromatice ci prezintă o anumită lărgime  $\Delta\lambda$ . Există o lărgime naturală a liniei spectrale care este un efect cuantic. Lărgimea liniei se datorește și altor fenomene (efect Doppler, interacția dintre particule etc.). Intensitățile liniilor spectrale depind de probabilitățile cu care au loc tranzițiile corespunzătoare și de numărul sistemelor microscopice din diferite stări.

Pentru molecule sunt caracteristice spectrele formate din benzi deoarece tranzițiile au loc între grupuri de nivele de energie alcătuite din nivele foarte apropiate.

Dacă o radiație care are un spectru continuu trece printr-o substanță absorbantă, spectrul continuu va apare brăzdat de linii sau benzi întunecate. Acesta constituie un spectru de absorbție.

Specificitatea spectrelor optice permite identificarea atomilor și moleculelor (analiza calitativă). Dacă se măsoară intensitățile liniilor sau benzilor spectrale se poate determina concentrația atomilor și moleculelor (analiză cantitativă).

### 3. Descrierea instalației experimentale

Instalația experimentală este formată din surse spectrale (cu alimentatoare adecvate), două becuri cu incandescență și un spectroscop.

Sursele spectrale conțin elementele, în stare atomică, ale căror spectre de emisie se vor studia (*Hg* în becul cu vapori de mercur; *He* și *Ne* în cele două tuburi de descărcare). Excitarea atomilor pe nivele superioare de energie se face prin ciocniri cu electroni accelerați în câmp electric. Dezexcitarea atomilor duce la emisia unor spectre de radiații caracteristice.

Pentru observarea spectrului de absorbție al moleculei de permanganat de potasiu se folosește o soluție de permanganat de potasiu (aflată într-o sticlură) și un bec cu incandescență.

Spectroscopul este format din următoarele elemente (Fig. 2):

- colimatorul  $C_1$  care constă într-o lentilă convergentă  $L_1$  în focarul căreia se găsește o fantă reglabilă  $F$ ;

- prisma  $P$  așezată cu muchia corespunzătoare unghiului  $A$  paralelă cu fanta  $F$ ;

- luneta  $L$  (formată din lentilele  $L_2$  și  $L_3$ ) care se poate roti cu ajutorul unui șurub permițând observarea în întregime a spectrelor;

- colimatorul  $C_2$  care constă dintr-o lentilă convergentă  $L_4$  și o scală micrometrică  $M$ .

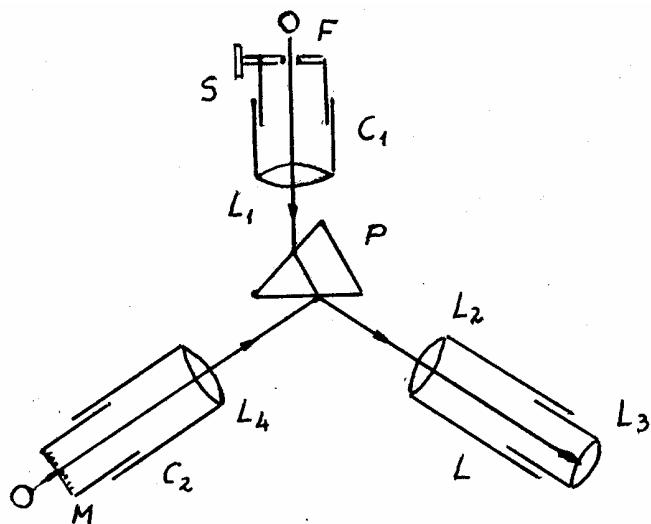


Fig. 2

#### 4. Modul de lucru

4.1. Se alimentează circuitul becului cu vapori de mercur. Se așează spectroscopul cu colimatorul  $C_1$  în dreptul becului cu mercur. Se reglează deschiderea fantei  $F$  la o valoare mică (sub  $1\text{ mm}$ ).

4.2. Privind prin luneta  $L$  se deplasează tubul ocularului  $L_3$  și se îngustează deschiderea fantei  $F$  până când liniile spectrale devin subțiri și nete. Se rotește luneta  $L$  pentru observarea întregului spectru.

4.3. Se iluminează scala micrometrică  $M$  cu un bec cu incandescență și se reglează poziția colimatorului  $C_2$  astfel încât diviziunile scalei să se vadă clar și să acopere întregul spectru.

4.4. Deplasând luneta  $L$  se observă și se notează în diviziuni poziția  $x$  a fiecărei linii din spectrul  $Hg$ . Rezultatele se trec în următorul tabel:

Spectrul mercurului

Culoarea	Intensitatea	$\lambda(nm)$	$x(div)$
galben	intens	579,0	
galben	intens	577,0	
verde	intens	546,1	
albastru-verde	foarte slab	491,6	
albastru-verde	slab	490,0	
albastru	intens	435,8	
violet	slab	407,7	
violet	intens	404,9	

**4.5.** Se deconectează circuitul becului cu vapori de mercur. Se conectează și apoi se alimentează tubul de descărcare cu *He* (heliu). Se așează spectroscopul cu colimatorul  $C_1$  spre tubul cu *He* astfel încât fanta  $F$  să fie la 1-2 *cm* de tub. Se repetă operațiunile de la punctul 4.4. Rezultatele se trec într-un tabel care să cuprindă: culoarea, intensitatea, poziția și lungimea de undă (care se obține din prelucrarea datelor experimentale) ale liniilor spectrale.

**4.6.** Se întrerupe alimentarea tubului cu *He*. Se fac conexiunile la tubul de descărcare cu *Ne* (neon), apoi se închide circuitul de alimentare. Se repetă operațiunile făcute pentru *He*.

**4.7.** Pentru observarea spectrului de absorbție se așează sticluta cu soluție de permanganat de potasiu pe un stativ și se iluminează cu un bec cu incandescență. Se așează spectroscopul cu colimatorul  $C_1$  în dreptul sticlutei. Prin luneta  $L$  se vor observa, în regiunea verde a spectrului, benzile de absorbție sub forma unor dungi întunecoase. Se citesc diviziunile  $x'$  și  $x''$  care mărginesc benzile, iar rezultatele se trec într-un tabel de forma:

Banda	$x' \div x''$	$\lambda' \div \lambda''$

Ultima coloană se completează după prelucrarea datelor experimentale.

## 5. Indicații pentru prelucrarea datelor experimentale

**5.1.** Cu datele din primul tabel (referitor la spectrul mercurului) se trasează curba de etalonare a spectroscopului  $\lambda = f(x)$ .

**5.2.** Se determină din curba de etalonare, considerând pozițiile măsurate, lungimile de undă corespunzătoare liniilor spectrale și marginilor benzilor de absorbție. Valorile găsite se trec în tabele.

**5.3.** Se calculează dispersia liniară a spectroscopului

$$D = \frac{dx}{d\lambda} \tag{6}$$

ca inversul pantei curbei de etalonare în punctele corespunzătoare lungimilor de undă  $\lambda = 420 \text{ nm}$ ,  $\lambda = 500 \text{ nm}$  și  $\lambda = 580 \text{ nm}$ .

## 6. Intrebări

**6.1.** O prismă de sticlă cu unghiul la vârf de  $60^\circ$  are, pentru o anumită radiație, indicele de refracție  $n = 1,60$ . Ce unghi de incidență este necesar ca raza să treacă prin prismă în mod simetric?

**6.2.** Care este unghiul de deviație minimă, pentru o anumită radiație, al unei prisme cu indicele de refracție de 1,41 a cărei secțiune este un triunghi echilateral?

**6.3.** Se poate determina experimental indicele de refracție al sticlei din care este construită prisma spectroscopului? Dacă da, arătați cum.

**6.4.** Presupunem că în diferite părți ale unui spectru, observat cu spectroscopul, avem câte două linii spectrale pentru care diferența între lungimile de undă este aceeași. În care parte a spectrului separarea spațială a acestor linii este mai mare? Justificați răspunsul.