

LUCRAREA NR. 9

STUDIUL POLARIZĂRII ROTATORII A LUMINII



Tema lucrării:

- 1) Determinarea puterii rotatorii specifice a zahărului
- 2) Determinarea concentrației unei soluții de zahăr
- 3) Determinarea dispersiei de rotație a unei lame de cuarț.

Aparate:

Polarimetru cu penumbră, lampă cu vapori de mercur, filtre (galben - 597,0 nm; verde - 546,1 nm; albastru - 435,8 nm), sticle cu soluții de zahăr de concentrații diferite, lamă de cuarț tăiată perpendicular pe axa optică.

Considerații teoretice

Dacă între doi polarizori în cruce (doi polarizori care au secțiunile principale perpendiculare între ele) se așază o lamă de cuarț tăiată perpendicular pe axa optică, câmpul analizorului se luminează (fig. 9.1).

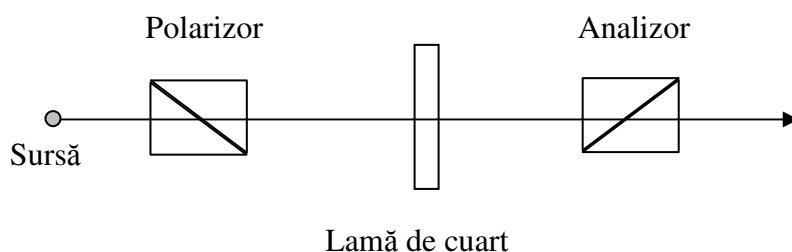


Fig.9.1 Schema dispozitivului experimental

Deoarece lumina se propagă de-a lungul axei optice a cristalului, birefrigența și apariția luminii eliptic polarizate sunt excluse. Pentru a obține din nou întuneric, trebuie rotit analizorul cu un anumit unghi. Valoarea unghiului nu se modifică dacă rotim lama de cuarț în jurul fascicului luminos. Fenomenul care apare în lama de cuarț se poate explica în felul următor: lumina liniar polarizată de la polarizor trece prin lama de cuarț și rămâne tot liniar polarizată, dar lama rotește planul de vibrație al luminii cu un anumit unghi. Acesta se numește unghi de rotație al planului de vibrație a luminii și este măsurat prin unghiul de rotație al analizorului (necesar să se obțină extincție în prezența lamei de cuarț). Fenomenul care apare se numește *polarizare rotatorie*. Materialele care prezintă acest fenomen se numesc *optic active*. Materialele optic active pot să fie dextrogire sau levogire după cum un observator care privește lumina, ce vine spre el, trebuie să rotească analizorul spre a obține extincție (minim), spre dreapta (dextrogir) sau spre stânga (levogir). Cuarțul prezintă ambele varietăți: dextrogir și levogir.

Pentru o lungime de undă λ dată, unghiul de rotație al planului de vibrație este proporțional cu grosimea lamei cristaline:

$$\alpha = [\alpha] \cdot d \quad (9.1)$$

Constanta $[\alpha]$ se numește *putere rotatorie* și este un coeficient de proporționalitate ce depinde de natura substanței, de lungime de undă și de temperatură. Acest coeficient reprezintă unghiul cu care a fost rotit planul de vibrație al luminii de către lama având grosimea egală cu unitatea.

Fenomenul de rotație al planului de vibrație a luminii se întâlnește și la unele corpuri necristalizate de ex. lichide pure, terebentină sau soluții apoase a unor substanțe care în stare solidă sunt cristalizate (soluții apoase de zahăr). Substanțele optic active sunt de obicei substanțe organice. Activitatea optică apare dacă moleculele substanței nu sunt superpozabile printr-o mișcare de translație sau de rotație cu imaginea lor în oglindă. Această proprietate se numește *chiralitate* și moleculele respective chirale.

În cazul soluțiilor, Biot a stabilit următoarea lege: pentru o lungime de undă λ dată, unghiul de rotație al planului de vibrație este direct proporțional cu grosimea stratului de soluție l și cu concentrația soluției c .

$$\alpha = [\alpha] \cdot l \cdot c \quad (9.2)$$

Constanta $[\alpha]$ se numește *putere rotatorie specifică* și reprezintă unghiul cu care se rotește planul de vibrație al luminii la trecerea printr-un strat de soluție de grosimea l cm și concentrație 100 g/cm^3 . Dacă exprimăm concentrația în procente formula (9.2) devine:

$$\alpha = \frac{[\alpha] \cdot l \cdot c}{100} \quad (9.3)$$

iar puterea rotatorie specifică va fi dată de relația:

$$[\alpha] = \frac{100 \cdot \alpha}{l \cdot c} \quad (9.4)$$

Din legea lui Biot se poate deduce concentrația unei soluții, dacă se cunoaște puterea rotatorie specifică a substanței optic active dizolvate.

Fresnel a dat următoarea interpretare teoretică fenomenului de polarizare rotatorie: el consideră că o undă liniar polarizată care se propagă într-un mediu optic activ se poate descompune în două unde circular polarizate de sensuri de rotație contrarii. Acestea se propagă însă cu viteze diferite. În cazul unei substanțe dextrogire viteza de propagare a unei circular polarizate dreapta v_d este mai mare decât viteza de propagare a unei circular polarizate stânga v_s . Pentru o substanță levogiră situația este inversă.

Unghiul cu care se rotește unda liniară la trecerea prin lama cristalină este dată de relația:

$$\alpha = \frac{d\pi}{\lambda} (n_d - n_s) \quad (9.5)$$

Măsurarea unghiurilor de rotație se face de obicei cu polarimetrul.

În principiu un *polarimetru* este format din două părți principale: polarizorul și analizorul, (polarizorul este fix, iar analizorul poate fi rotit). Lumina monocromatică de la o sursă cade sub forma unui fascicul paralel pe polarizorul **P**, trece prin substanța optică activă, apoi prin analizorul **A**. Un astfel de polarimetru nu permite însă măsurători precise, ochiul neputând aprecia cu exactitate momentul extincției (câmpul întunecat). Ținând seama de proprietatea ochiului de a aprecia cu destul de mare precizie egalitatea de iluminare a două suprafețe alăturate, s-au construit așa zisele *polarimetre cu penumbră*. La aceste polarimetre se caută pozițiile de iluminare egală a două jumătăți ale câmpului vizual.

Sunt mai multe soluții posibile pentru realizarea unui polarimetru cu penumbră. Una dintre ele este dată de Lippich care introduce după polarizorul **P** un al doilea polarizor **P'** ce ocupă o parte din câmp (fig.9.2).

Planul de vibrație al celui de al doilea polarizor face un unghi 2β cu planul de vibrație al polarizorului **P**. Valoarea unghiului β se poate modifica la aparatul cu care se lucrează cu ajutorul manetei de reglaj. Câmpul vizual este observat cu un vizor (o mică lunetă) reglată în așa fel încât imaginea muchiei prismei **P'** care reprezintă linia de separare dintre cele două jumătăți ale câmpului să fie cât mai clară.

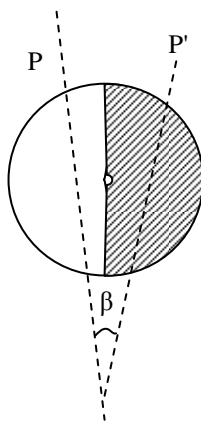


Fig.9.2 Dispozitivul Lippich

Dacă se reglează analizorul **A** în așa fel încât direcția de vibrație să fie perpendiculară pe bisectoarea unghiului făcut de direcțiile de vibrație dintre **P** și **P'**, ambele câmpuri sunt egal luminate, dar slab (penumbră), iar linia de separare practic dispare. Se mai poate obține iluminarea egală a celor două câmpuri, dacă direcția de vibrație din analizor este paralelă cu bisectoarea unghiului dintre direcțiile de vibrație ale polarizorilor **P** și **P'**, iar în acest caz cele două jumătăți sunt tot egale, dar intens

luminate. Această poziție nu se folosește pentru determinările experimentale pentru că ochiul nu este sensibil la iluminări mari.

Descrierea aparaturii

Polarimetrul este format dintr-un stativ metalic pe care este montat un tub orizontal, la capetele căruia sunt montate polarizorul (spre sursă) și analizorul (spre ocular). Între polarizor și analizor se așază tubul cu soluție de zahăr (sau lama de cuarț). Analizorul se poate roti cu ajutorul unei manete care are la un capăt un șurub de strângere. Reglajul fin se face cu șurubul micrometric orizontal, după ce maneta de blocare a fost strânsă în prealabil. Citirea unghiului se face, cu ajutorul celor două lupe reglabile, de pe vernierele care se găsesc la extremitățile unuia din diametrele discului gradat, solidar legat cu analizorul. Cea mai mică diviziune de pe discul gradat reprezintă $0,25^{\circ}$, iar vernierul are **25** diviziuni, deci precizia de citire cu ajutorul vernierului este de $0,01^{\circ}$.

Mersul lucrării:

1) Determinarea puterii rotatorii specifice a zahărului

Se conectează lampa cu vapori de mercur și se pune filtrul galben. Între polarizor și analizor se introduce un tub de porțelan gol, închis la ambele capete cu două plăcuțe de sticlă plan-paralele.

Se reglează ocularul vizorului în așa fel încât să se vadă clar linia de separare a câmpului vizual, respectiv imaginea muchiei prisme P' .

Cu ajutorul manetei de reglaj se rotește încet analizorul până când cele două jumătăți ale câmpului vizual sunt egal iluminate, dar slab (penumbră). Reglajul fin se face cu ajutorul șurubul micrometric orizontal în timp ce șurubul de blocaj a fost strâns.

Atenție: maneta de reglaj se manevrează numai dacă șurubul de blocaj este destrâns.

Poziția de penumbră a analizorului se citește pe cele două verniere cu ajutorul lupelor. Fie α_{0I} și α_{0II} valorile unghiurilor citite cu cele două verniere.

Se rotește analizorul într-un sens și apoi se aduce din nou în poziție de penumbră și se citesc din nou cele două unghiuri. Această operație se repetă de cel puțin trei ori pentru a calcula valoarea medie a poziției inițiale a analizorului $\bar{\alpha}_{0I}$ și $\bar{\alpha}_{0II}$.

Observație: se va ține seama de sensul în care este divizat discul gradat.

Se umple tubul cu soluția de zahăr de o concentrație cunoscută. Pentru umplere se așază tubul vertical, se scoate una din plăcuțele de sticlă și umplerea se face în așa

fel, încât să nu rămână bule de aer în interiorul tubului. Se fixează plăcuța superioară și se șterg bine extremitățile tubului. După ce se introduce tubul cu soluția de zahăr între polarizor și analizor, cele două jumătăți ale câmpului au iluminări diferite.

Se rotește încet analizorul spre dreapta (în cazul zahărului) până când cele două jumătăți ale câmpului au iluminări egale (penumbră). Fie α_{II} și α_{III} unghiurile corespunzătoare citite pe cele două verniere. Operația se repetă și în acest caz de cel puțin trei ori și se calculează valorile medii $\bar{\alpha}_{0I}$ și $\bar{\alpha}_{0II}$. Se face diferența citirilor de pe același vernier.

$$\alpha_I = \alpha_{II} - \alpha_{0I}$$

$$\alpha_{II} = \alpha_{III} - \alpha_{0II}$$

pentru cele două poziții ale analizorului și se obține unghiul (α_I și α_{II}) cu care a fost rotit planul de vibrație al luminii la trecerea prin soluția de zahăr.

Se calculează media celor două valori:

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha_I + \alpha_{II}}{2}$$

Se măsoară lungimea tubului l în cm.

Puterea rotatorie specifică a zahărului se calculează cu ajutorul relației (9.4) unde unghiul α se exprimă în grade, lungimea l în **cm** și concentrația c în **g/cm³**.

Se repetă măsurătorile pentru toate concentrațiile cunoscute.

Observație: după fiecare determinare tubul se spală cu grijă cu apă.

Rezultatele experimentale și calculele se trec în tabelul 9.1.

Tabelul 9.1.

c	l	α_0		α_1		α		$\bar{\alpha}$	[α]	$[\bar{\alpha}]$	$\Delta[\alpha]$
		I	II	I	II	I	II				
g/cm ³	cm	grd	grd	grd	grd	grd	grd	grd	grd·cm ² /g	grd·cm ² /g	grd·cm ² /g

$$[\alpha] = [\bar{\alpha}] \pm \Delta[\alpha] \text{ (grad·cm}^2\text{/g)}$$

2) Determinarea concentrației unei soluții de zahăr

Se procedează la fel ca la determinarea anterioară turnând în tub soluția de concentrație necunoscută.

Concentrația soluției se calculează cu ajutorul formulei:

$$c = \frac{\alpha}{[\alpha] \cdot l}$$

ținând seama de valoarea lui $[\bar{\alpha}]$ din tabelul 9.1.

Rezultatele se trec în tabelul 9.2.

Tabelul 9.2.

$[\bar{\alpha}]$	l	α_0		α_1		α		$\bar{\alpha}$	c	\bar{c}	Δc
		I	II	I	II	I	II				
$\text{grd}\cdot\text{cm}^2/\text{g}$	cm	grd	grd	grd	grd	grd	grd	grd	g/cm^3	g/cm^3	g/cm^3

$$c = \bar{c} \pm \Delta c$$

3) Determinarea dispersiei de rotație a unei lame de cuarț

În locul tubului cu soluție se așează o lamă de cuarț tăiată perpendicular pe axa optică. Așezând pe rând filtrele corespunzătoare se determină unghiul de rotație al planului de vibrație al luminii la trecerea prin lama de cuarț pentru următoarele lungimi de undă:

$$\lambda=579,0 \text{ nm (galben)}$$

$$\lambda=546,1 \text{ nm (verde)}$$

$$\lambda=435,8 \text{ nm (albastru)}$$

Cunoscând grosimea **d** (**2,66 mm**) a lamei de cuarț se calculează puterea rotatorie a cuarțului corespunzătoare fiecărei lungimi de undă cu relația:

$$[\alpha] = \frac{\bar{\alpha}}{d}$$

unde **d** este grosimea lamei de cuarț (în mm), iar **α** unghiul de rotație al planului de vibrație al luminii (în grade).

Fiecare determinare se repetă de cel puțin trei ori și se calculează valorile medii ale unghiului de rotație ca la punctul 1 pentru fiecare lungime de undă.

Rezultatele experimentale și calculele se trec în tabelul 9.3.

Tabelul 9.3.

d	λ	α_0		α_1		α		$\bar{\alpha}$	$[\alpha]$	$[\bar{\alpha}]$	$\Delta[\alpha]$
		I	II	I	II	I	II				
mm	nm	grd	grd	grd	grd	grd	grd	grd	grd/mm	grd/mm	grd/mm

Se reprezintă grafic: $[\bar{\alpha}] = [\alpha](\lambda)$

Observație: este important ca lama de cuarț să fie riguros perpendiculară pe direcția razelor de lumină ce vin de la polarizor. În caz contrar intervine și birefringența lamei și nu se mai obține egalitatea câmpurilor analizorului.