

**UNIVERSITATEA "POLITEHNICA" DIN BUCUREȘTI
DEPARTAMENTUL DE FIZICĂ**

**LABORATORUL DE OPTICĂ
BN - 120 B**

**DETERMINAREA CONCENTRAȚIEI SUBSTANȚELOR
OPTIC ACTIVE CU AJUTORUL POLARIMETRULUI**

2004 - 2005

DETERMINAREA CONCENTRAȚIEI SUBSTANȚELOR OPTIC ACTIVE CU AJUTORUL POLARIMETRULUI

1. Scopul lucrării

1.1. Punerea în evidență a fenomenului de rotire a planului de oscilație a vectorului **E** (polarizație rotatorie) la trecerea luminii prin substanțe optic active.

1.2. Determinarea concentrațiilor unor soluții de zahăr în apă (dozarea polarimetrică).

1.3. Verificarea experimentală a formulei de calcul a concentrației.

2. Teoria lucrării

Lumina, conform cu teoria ondulatorie, este o undă electromagnetică transversală, direcțiile de oscilație ale vectorilor intensitate a câmpului electric **E** și inducție a câmpului magnetic **B** fiind perpendiculare atât între ele, cât și pe direcția de propagare (raza de lumină). Lumina naturală, care se propagă în vid sau într-un mediu izotrop, poate fi considerată ca fiind constituită din trenuri de unde transversale ale căror faze și direcții de vibrație se schimbă în așa fel încât orice fază și orice direcție de vibrație sunt la fel de probabile. Se spune că o astfel de undă este nepolarizată.

În fenomenele optice efectele sunt determinate de vectorul intensitate a câmpului electric **E** care este numit, din acest motiv, vector luminos. Astfel, în cele ce urmează, ne vom referi exclusiv la vectorul **E**.

Planul în care vectorul **E** oscilează, determinat de direcția de oscilație și direcția de propagare, se numește plan de oscilație (vibrație), iar planul perpendicular pe acesta se numește plan de polarizare. Radiațiile luminoase în care vectorul **E** oscilează într-un singur plan de vibrație (pe o singură direcție determinată) se numesc liniar polarizate.

Dispozitivul cu care se obține lumină liniar polarizată se numește polarizor. Dintre polarizori amintim: nicolii, prismele de polarizare, polarizorii sintetici etc.

Fenomenul de rotire, în jurul direcției de propagare, a planului de oscilație al luminii liniar polarizate cu un unghi α se numește polarizare rotatorie (activitate optică). Substanțele care produc acest fenomen se numesc optic active. Ca substanțe optic active amintim: diferite cristale anizotrope precum cuarțul, diverși compuși organici cum ar fi lactoza și zaharoza etc.

Metoda dozării polarimetrice se bazează pe proprietatea unor soluții optic active de a roti planul de oscilație al unei radiații luminoase liniar polarizate cu un unghi α care depinde de concentrația soluției respective c și de distanța l pe care lumina o parcurge prin soluție

$$\alpha = [\alpha]_t^\lambda \cdot c \cdot l \quad (1)$$

unde $[\alpha]_t^\lambda$ se numește putere de rotație sau rotație specifică și reprezintă mărimea unghiului de rotație pentru c și l egale cu unitatea. Indicele t indică temperatura soluției, iar λ lungimea de undă a luminii monocromatice folosite.

Din relația (1) se scoate concentrația c care, exprimată în procente, devine

$$c = \frac{100 \cdot \alpha}{[\alpha]_t^\lambda \cdot l} \quad (2)$$

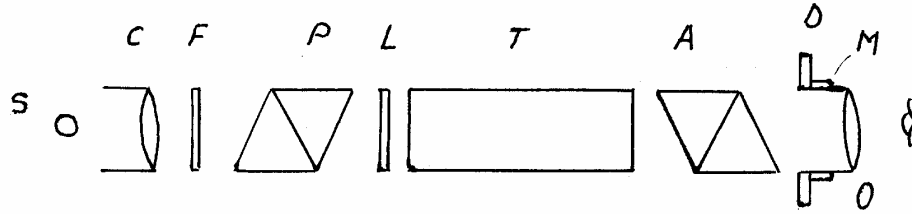


Fig. 1

3. Descrierea instalației experimentale

Polarimetrul este un instrument folosit pentru determinarea rapidă și precisă a concentrației soluțiilor optic active. Schema acestuia este arătată în figura 1. Sursa de lumină S este așezată în focarul lentilei C (cu rol de colimator). Filtrul F lasă să treacă doar o undă monocromatică. Nicolul P (pe baza fenomenului de birefringență) polarizează liniar lumina.

Regiunea centrală a fascicului polarizat trece printr-o lamă semiundă L. Lumina liniar polarizată pe direcția OP, incidentă pe lama birefringentă L, iese din lamă despărțită în două unde (unda ordinară și unda extraordinară). Grosimea lamei L este astfel aleasă încât ea introduce o diferență de drum optic (între unda ordinară și unda extraordinară) egală cu un multiplu impar de $1/2$. Din compunerea unei ordinare cu unda extraordinară se obține o undă liniar polarizată cu direcția de vibrație OP' simetrică cu cea a unei incidente OP față de axa Oy (axa neutră a lamei) (Fig. 2).

Fasciculul de lumină traversează în continuare tubul T și apoi nicolul A, cu rol de analizor, care lasă să treacă o undă liniar polarizată al cărei vector luminos este proiecția vectorului luminos al unei incidente pe axa sa optică (direcția principală a analizorului). Analizorul se poate roti odată cu un disc gradat D. Imaginea câmpului vizual emergent se obține în ocularul O care poate fi reglat folosind manșonul M.

În figura 2, OP reprezintă amplitudinea unei ce vine direct din polarizor la care corespunde iluminarea zonelor B (Fig. 3) din câmpul vizual emergent, iar OP' reprezintă amplitudinea unei ce iese din lama L la care corespunde iluminarea zonei A.

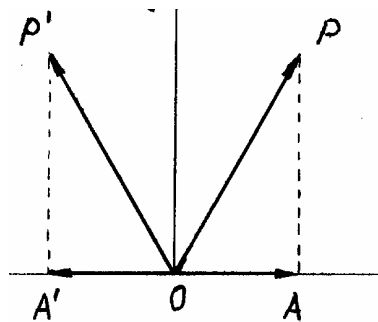


Fig. 2

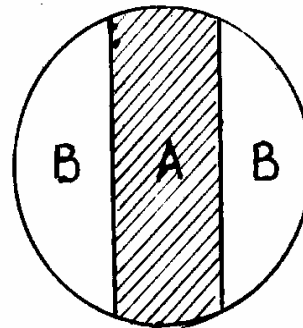


Fig.3

Cât timp în tubul T nu există o substanță optic activă sau tubul lipsește, vectorii OP și OP' (Fig. 2) sunt simetrici, în planul de vizare, față de axa Oy. Dacă analizorul polarizează lumina liniar pe direcția $OA \parallel Ox$, proiecțiile vectorilor OP și OP' sunt egale (Fig. 2), iar în câmpul vizual se obține egalizarea intensităților regiunilor A și B. Această egalizare este de minim, deoarece vectorii OP și OP' au direcțiile mai apropiate de axa Oy decât de axa Ox. Dacă analizorul A este rotit cu 90° (adică $OA \parallel Oy$), se obține o egalizare de maxim.

Dacă se introduce tubul T cu substanță optic activă, aceasta perturbă egalizarea deoarece vectorii OP și OP' se rotesc cu unghiul α (nu mai sunt simetrici față de axa Oy). Din cei doi vectori egali în mărime OP și OP' trec mai departe numai proiecțiile pe direcția

Ox adică vectorii \mathbf{OR} și \mathbf{OR}' care evident au mărimi diferite (Fig. 4). Ca urmare regiunile A și B apar inegal luminate. Dacă însă rotim analizorul cu un unghi egal și de același sens cu unghiul α cu care substanța optic activă a rotit planul de vibrație atât al luminii care iese din polarizor cât și al celei care trece prin lama L, atunci iluminarea regiunilor A și B se egalizează deoarece proiecțiile \mathbf{OS} și \mathbf{OS}' ale vectorilor \mathbf{OP} și \mathbf{OP}' pe noua direcție de polarizare au mărimi egale ($OS = OS'$), (Fig. 4)

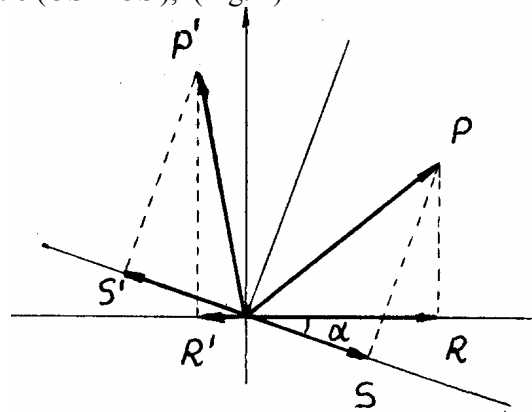


Fig. 4

4. Modul de lucru

4.1. Se alimentează lampa (cu vapori de sodiu) la tensiunea de 220 V.

4.2. Se verifică dacă tuburile de pe masa de lucru sunt bine umplute cu substanță optic activă (soluții de zahăr) și nu prezintă bule de aer care, fiind puternic absorbante, perturbă fenomenul. Există pe masa de lucru cinci tuburi. Trei dintre ele, numerotate 1, 2 și 3, au aceeași lungime și conțin soluții de concentrații diferite. Se mai pot grupa trei tuburi desemnate cu același număr (care conțin soluții de aceeași concentrație) dar au lungimi diferite.

4.3. Se rotește discul gradat astfel ca zeroul acestuia să coincidă cu zeroul de pe vernier. Se privește prin ocular și, prin translatarea manșonului M, se face imaginea clară. Se va observa o iluminare minimă și uniformă a regiunilor A și B.

4.4. Se introduce un tub în lăcașul polarimetrului. La vizarea prin ocular se observă o imagine neclară deoarece s-a modificat drumul optic. Acționând manșonul M se face imaginea clară. Se constată că cele două regiuni A și B nu mai sunt uniform luminate. Se rotește discul gradat, astfel încât să se obțină egalizarea de minim a intensităților regiunilor A și B. Cu ajutorul unei lupe mici, care se găsește pe marginea ocularului, se citește pe disc, folosind și indicațiile vernierului, unghiul α .

5. Indicații pentru prelucrarea datelor experimentale

Pentru calculul concentrației în procente se folosește relația (2) în care pentru puterea de rotație (rotația specifică) se ia valoarea

$$[\alpha]_T^\lambda = 66,5^\circ \quad (3)$$

iar pentru lungimea l a tubului se consideră valoarea în decimetri.

Pentru fiecare tub se fac câte 5 măsurători ale unghiului α iar pentru unul din tuburi se vor efectua 10 măsurători. Se calculează concentrația pentru fiecare măsurătoare. Se determină unghiului α mediu și concentrația medie pentru fiecare tub.

Datele experimentale și calculate se trec într-un tabel de forma :

Nr. ctr.	Nr. sol.	l(dm)	$\alpha(^{\circ})$	$\bar{\alpha} (^{\circ})$	$\bar{c} (\%)$	$\sigma_{\bar{c}}$

Pentru tuburile de aceeași lungime (care conțin soluții de concentrații diferite) se reprezintă grafic valorile medii ale unghiului α funcție de valorile medii ale concentrației c . Se verifică dependența liniară a unghiului de rotație de concentrația soluției.

Pentru tuburi de lungimi diferite (care conțin soluții de aceeași concentrație) se reprezintă grafic valorile medii ale unghiului α funcție de lungimea l a tuburilor. Se verifică dependența liniară a unghiului de rotație de lungimea tubului.

Pentru tubul pentru care s-au efectuat 10 măsurători se calculează eroarea pătratică medie (eroarea standard) a concentrației cu formulele :

$$\sigma_{\bar{\alpha}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i - \bar{\alpha})^2}{n(n-1)}} \quad (4)$$

$$\sigma_{\bar{c}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2}{n(n-1)}} \quad (4)$$

unde $n=10$ determinări ; relația (5) reprezintă rezultatul propagării erorilor, de la eroarea σ_{α}^2 a mărimii direct măsurate, la eroarea σ_c a mărimii indirecte. Rezultatul determinării concentrației se va da sub forma intervalului de încredere

$$c = (\bar{c} \pm \sigma_{\bar{c}}) \% \quad (6)$$

6. Întrebări

1. Desenați și descrieți schema simplificată a dispozitivului experimental utilizat.
2. Ce înțelegeți prin lumină nepolarizată și prin lumină polarizată?
3. În ce constă fenomenul care a permis determinarea concentrației unor soluții de zahăr în apă cu ajutorul polarimetrului?
4. Care este semnificația mărimilor din ecuația $c = \frac{100}{[\alpha]_T^{\lambda} \cdot l} \cdot \alpha$?
5. Descrieți cum arată în general câmpul vizual înainte de reglarea polarimetrului în vederea citirii unghiului? Dar după reglare?
6. Considerăm că, în absența tubului, se aduce discul gradat la indicația 90° . Ce se poate spune despre iluminarea regiunilor A și B ? Explicați cele constatate.
7. De ce este nevoie de filtrul galben ? Nu se pot face măsurători în lumină albă ?
8. Explicați de ce este justificată repetarea măsurătorilor ?
9. De ce, la calculul erorilor, nu se ia în considerație eroarea aparatului de măsură (discului gradat) ? Incercați să determinați eroarea concentrației provenită din eroarea introdusă de aparatul de măsură.