

## LUCRAREA NR. 4

### DETERMINAREA INDICELUI DE REFRAȚIE AL UNUI SOLID CU AJUTORUL PRISMEI



#### Tema lucrării:

- 1) Determinarea unghiului refringent al prisme.
- 2) Determinarea indicelui de refracție al prisme pentru diferite lungimi de undă

#### Aparate:

Goniometru, prismă din sticlă, lampă cu mercur

### Considerații teoretice:

După cum prea bine știm, într-un mediu transparent și omogen, lumina se propagă în linie dreaptă. Dacă o rază de lumină monocromatică întâlnește o suprafață de separare între două medii optice diferite, o parte din lumină se reflectă, iar o parte se refractă. Aceste două fenomene sunt ilustrate în figura 4.1, unde  $\Sigma$  reprezintă suprafața de separație dintre cele două medii.

Raza de lumină monocromatică incidentă pe suprafața de separare  $\Sigma$  în punctul de incidență  $I$ , formează cu normala  $\mathbf{NIN}'$  unghiul de incidență  $i_1$ , iar raza de lumină refractată formează cu aceeași normală unghiul de refracție  $i_2$ . Raza reflectată pe suprafața de incidență formează cu normala unghiul de reflexie  $r$ .

Între unghiul de incidență și unghiul de reflexie există binecunoscuta relație dată de legea reflexiei:

$$i_1 = r$$

Conform legii Snellius-Descartes, între unghiul de incidență și unghiul de refracție există relația:

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \quad (4.1)$$

unde  $n_1$  și  $n_2$  sunt *indicii de refracție ai mediilor considerate* (indicele de refracție este o constantă ce caracterizează din punct de vedere optic un mediu transparent).

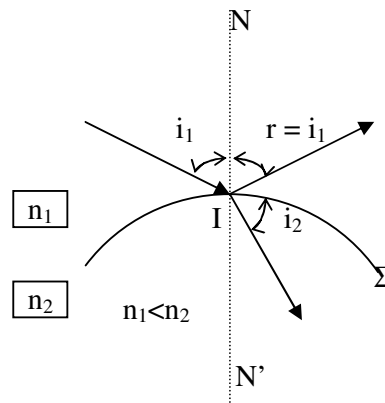


Figure 4.1 Reflexia și refracția luminii la suprafața de separare dintre două medii cu indici de refracție diferiți.

Relația (4.1) poate fi scrisă și sub forma:

$$\sin i_1 = \frac{n_2}{n_1} \cdot \sin i_2 = n_{21} \cdot \sin i_2 \quad (4.2)$$

$n_{21}$  este *indicele de refracție relativ* al mediului al doilea față de primul.

Indicele de refracție al vidului este  $n_0 = 1$ . Indicele de refracție al unui mediu oarecare față de vid se numește *indice de refracție absolut*.

Semnificația fizică a indicelui de refracție poate fi dată comparând viteza de propagare a luminii într-un mediu transparent omogen  $v$ , cu viteza de propagare a luminii în vid  $c$ :

$$n = \frac{c}{v}$$

Indicele de refracție  $n$  al unei substanțe variază cu lungimea de undă a luminii. Acest fenomen se numește *dispersia luminii*. Reprezentarea grafică a funcției de dispersie  $n = n(\lambda)$  se numește *curbă de dispersie*.

Pentru caracterizarea dispersiei diferitelor materiale se folosesc următorii indici de refracție standard:

$n_F$  – indicele de refracție corespunzător liniei albastre a hidrogenului ( $\lambda_F = 486,1$  nm),

$n_D$  – indicele de refracție corespunzător liniei galbene a sodiului ( $\lambda_D = 589,3$  nm),

$n_C$  - indicele de refracție corespunzător liniei roșii a hidrogenului ( $\lambda_C = 656,3$  nm).

Diferența  $n_F - n_C$  poartă numele de *dispersie medie*, iar raportul  $\frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$  este *dispersia relativă*. Inversul dispersiei relative este *numărul lui Abbe v*:

$$v = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C} \quad (4.3)$$

Materialele mai dispersive au numărul Abbe mic, iar materialele mai puțin dispersive au numărul Abbe caracteristic mare.

Asocierea a doi dioptri plani care formează între ei un unghi diedru  $A$  se numește *prismă*. Dreapta după care cele două plane se intersectează se numește muchie refringentă a prisme. O secțiune prin prismă, perpendiculară pe muchia refringentă, se numește *secțiune principală*.

Să considerăm o rază de lumină monocromatică ce se propagă în secțiunea principală a unei prisme cu unghiul refringent  $A$  și de indice de refracție  $n$ . Raza incidentă cade pe prima față a prisme sub unghiul de incidență  $i_1$  (fig. 4.2).

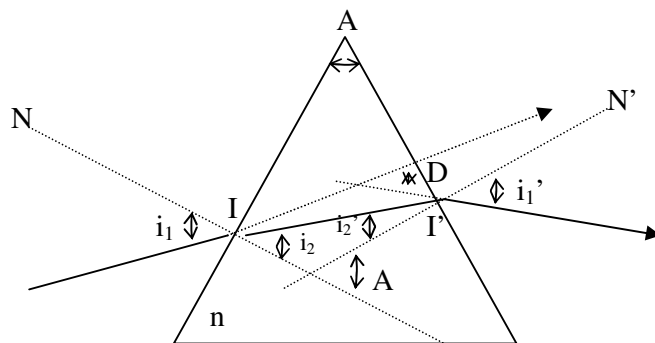


Fig. 4.2. Mersul razelor de lumină monocromatice printr-o prismă

Pe baza legii refracției și din considerente geometrice se stabilesc următoarele relații, numite formulele prisme:

$$\sin i_1 = n \sin i_2 \quad (4.4)$$

$$\sin i_1' = n \sin i_2' \quad (4.5)$$

$$A = i_2 + i_2' \quad (4.6)$$

$$D = i_1 - i_2 + i_1' - i_2' = i_1 + i_1' - A \quad (4.7)$$

Unghiul  $D$  se numește unghi de deviație și este unghiul dintre raza incidentă și raza emergentă. Pentru a urmări variația unghiului de deviație cu unghiul de incidență se derivează relațiile (4.4 - 4.7) în raport cu  $i_1$  și se obține:

$$\frac{dD}{di_1} = 1 - \frac{\cos i_1 \cos i_2'}{\cos i_2 \cos i_1'} \quad (4.8)$$

Pentru ca unghiul de deviație  $D$  să aibă valoarea minimă, trebuie ca prima sa derivată să se anuleze, adică:

$$\frac{dD}{di_1} = 0 \quad (4.9)$$

Din relațiile (4.8 - 4.9) se obține condiția pentru deviația minimă:

$$i_1 = i_1' \quad (4.10)$$

din care rezultă și egalitatea:  $i_2 = i_2'$

Această relație arată că în cazul deviației minime razele de lumină traversează prisma perpendicular pe bisectoarea unghiului refringent.

Înlocuind relația (4.10) în formulele (4.4 - 4.7) se obține:

$$\sin i_1 = n \sin i_2 \quad (4.11)$$

$$A = 2 i_2 \quad (4.12)$$

$$D_{\min} = 2 i_1 - A \quad (4.13)$$

Din aceste relații se găsește expresia indicelui de refracție:

$$n = \frac{\sin i_1}{\sin n_2} = \frac{\sin \frac{D_{\min} + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}} \quad (4.14)$$

În formula (4.14) indicele de refracție  $n$  al materialului prisme este exprimat numai în funcție de unghiul refringent al prisme și de unghiul de deviație minimă pentru lungimea de undă corespunzătoare.

**Descrierea aparaturii:** Pentru măsurarea precisă a unghiurilor se folosește goniometrul. Părțile principale ale unui goniometru sunt:

- colimatorul, folosit pentru obținerea fascicului de lumină paralel;
- luneta, cu ajutorul ei se observă fasciculul emergent din prismă;
- măsura mobilă, pe care se pune prisma

*Atenție:* prisma nu se mișcă față de măsura. Dacă dorim să rotim prisma, trebuie să rotim măsura!

- dispozitiv de citire.

## Mersul lucrării

### 1) Determinarea unghiului refringent al prisme

#### Operații preliminare:

Se reglează imaginea scalei ocularului prin rotirea inelului ocularului lunetei.

Poziționând luneta perpendicular pe una din fețele prisme se caută imaginea prin reflexie a firelor reticulare. Se reglează luneta la infinit prin rotirea tamburului de reglaj al lunetei până când imaginea firelor reticulare este clară.

Poziționând luneta în continuarea colimatorului se găsește imaginea fantei de intrare. Dacă imaginea fantei este clară înseamnă că fasciculul de lumină dat de colimator este paralel. În caz contrar se deplasează fanta în tubul colimatorului până la obținerea unei imagini clare a fantei.

Se rotește măsura în așa fel încât bisectoarea unghiului refringent al prisme să fie în continuarea colimatorului. Se reglează orizontalitatea măsuței (din șuruburile de

sub măsura) prin suprapunerea succesivă a reflexiei firelor reticulare, pe cele două fețe ale prisme, cu scala ocularului.

#### a) metoda I

Se conectează lampa cu vapori de mercur. Măsuța se fixează astfel încât unghiul refringent al prisme **A** să fie spre colimatorul **C** (fig. 4.3)

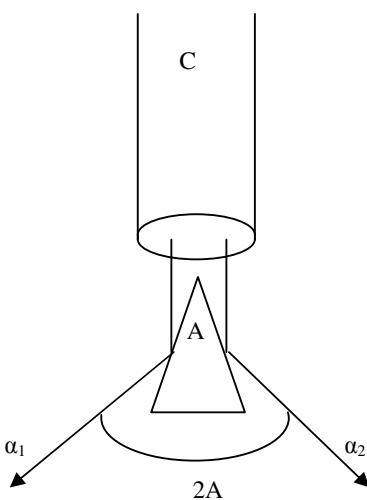


Fig. 4.3

Razele de lumină ce provin din colimator se reflectă pe cele două fețe ale prisme. Măsurând unghiul dintre razele reflectate, se poate determina unghiul refringent al prisme.

Se deplasează luneta spre stânga până când în ocular se vede imaginea fantei reflectată de fața refringentă corespunzătoare prisme. Se fixează luneta cu ajutorul șurubului de blocaj. Cu ajutorul șurubului de reglaj fin, se reglează poziția lunetei până când imaginea fantei este la gradația "0" a scalei ocularului (imaginea fantei se află între firele reticulare ale ocularului - sub formă de cruciulița).

Se citește poziția lunetei  $\alpha_1$  cu ajutorul dispozitivului de citire. Se repetă determinarea unghiului  $\alpha_1$  de cel puțin trei ori.

**Atenție:** Dispozitivul de citire are o scală orizontală, unde se citesc grade și minute, cu precizia de 10', și o scală verticală unde se citesc minute și secunde cu precizia de 2". Valoarea unghiului se obține prin adunarea celor două citiri. Înainte de

citire se suprapune reperul vertical al scalei orizontale cu una din gradațiile scalei prin rotirea tamburului aflat în spatele dispozitivului de citire. Apoi se citește gradația peste care s-a făcut suprapunerea.

Fără a mișca măsura, se deblochează șurubul de blocaj al lunetei și se deplasează luneta spre dreapta, până când se observă imaginea fantei reflectată de a doua față a prisme.

Se repetă operațiile de mai sus, determinându-se de cel puțin trei ori valoarea unghiului  $\alpha_2$ .

Unghiul prisme se calculează cu relația:

$$A = \frac{1}{2} (\alpha_1 - \alpha_2)$$

Dacă între cele două citiri care intervin în calculul lui  $A$  se găsește diviziunea zero "0", valoarea unghiului este dată de relația:

$$A = \frac{1}{2} [(\alpha_1 + 360) - \alpha_2]$$

Rezultatele se trec în tabelul 4.1

Tabelul 4.1

$\alpha_1$	$\alpha_2$	A	$\bar{A}$	$\Delta A$	$\overline{\Delta A}$	$\frac{\overline{\Delta A}}{\bar{A}}$
(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	%

Rezultatele obținute pot fi sintetizate cu ajutorul relației:  $A = \bar{A} \pm \overline{\Delta A}$  (°).

### b) metoda II

Când axa lunetei este perpendiculară pe fața prisme, raza de lumină reflectată pe fața prisme se întoarce pe drumul razei incidente.

Se fixează măsura cu baza spre colimator (fig.4.4). Se așează luneta cu axa perpendiculară pe fața din partea stângă a prisme.

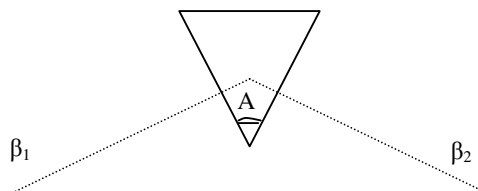


Fig 4.4

Se aduce în suprapunere firul reticular vertical cu imaginea sa reflectată de fața refringentă a prisme.

Se fixează luneta în această poziție cu ajutorul șurubului de fixare. Reglajul fin al suprapunerii se efectuează cu ajutorul șurubului corespunzător. Se citește poziția lunetei cu ajutorul dispozitivului de citire, determinându-se astfel unghiul  $\beta_1$ .

Determinările se repetă de cel puțin trei ori.

Se deblochează luneta și se rotește în plan orizontal până când axa lunetei este perpendiculară pe fața din partea dreaptă a prisme.

Se repetă operațiile anterioare determinându-se de cel puțin trei ori unghiul  $\beta_2$ .

Unghiul refringent al prisme se calculează cu ajutorul relației:

$$A = 180^\circ - (\beta_1 - \beta_2)$$

Dacă între cele două citiri care intervin în calculul lui  $A$  se găsește diviziunea "0", valoarea unghiului este dată de relația:

$$A = (\beta_2 - \beta_1) - 180^\circ$$

Rezultatele se trec în tabelul 4.2

Tabelul 4.2

$\beta_1$	$\beta_2$	A	$\bar{A}$	$\Delta A$	$\overline{\Delta A}$	$\frac{\overline{\Delta A}}{\bar{A}}$
(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	%

Rezultatele obținute pot fi sintetizate cu ajutorul relației:  $A = \bar{A} \pm \overline{\Delta A}$  (°).

## 2) Determinarea indicelui de refracție al prisme pentru diferite lungimi de undă

Se rotește măsura astfel încât razele de lumină să treacă prin prismă ca în fig. 4.5. Se rotește luneta până când în ocular se observă spectrul format din mai multe linii colorate (imaginile fantei de intrare pentru diferite lungimi de undă).

Se aduce linia spectrală galbenă (cea din stânga) în câmpul lunetei. Se rotește măsura în așa fel încât unghiul de deviație să se micșoreze (direcția fasciculului refractat să se apropie de direcția fasciculului incident), urmărind continuu cu luneta linia galbenă.



Unghiul de deviație este unghiul dintre direcția fasciculusului incident și direcția fasciculusului emergent.

Se observă că pentru o anumită poziție a prisme, linia spectrală atinge o poziție limită, după care se deplasează în sens opus, deși sensul de rotire al măsuței rămâne același. Acest punct de întoarcere corespunde deviației minime a radiației observate.

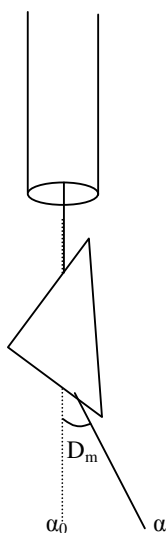


Fig. 4.5

Se verifică dacă prisma este străbătută de radiația galbenă la deviație minimă. Se fixează măsuța astfel încât imaginea fantei de intrare pentru radiația observată să fie în punctul de întoarcere. Se fixează luneta astfel ca imaginea fantei de intrare să fie aproximativ în mijlocul câmpului lunetei, apoi se efectuează reglajul fin, prin suprapunerea diviziunii "0" a scalei ocularului cu linia observată. Se citește valoarea unghiului cu ajutorul dispozitivului de citire. Se repetă determinarea poziției de deviație minimă și citirea unghiului de cel puțin trei ori.

Se deblochează măsuța și luneta, apoi se repetă operațiile de mai sus pentru următoarele valori ale lungimii de undă:

**579 nm** (galben) - prima linie din spectru;

**546 nm** (verde);

**492 nm** (verde-albăstrui) - intensitate slabă;

**434 nm** (indigo);

**405 nm** (violet) - linia mai intensă;

Se aduce luneta în continuarea colimatorului (prisma poate să rămână pe măsura) și se determină direcția fasciculului inițial  $\alpha_0$  prin suprapunerea diviziunii "0" a scalei ocularului cu imaginea fantei de intrare. Se repetă determinarea unghiului  $\alpha_0$  de cel puțin trei ori.

Unghiul de deviație minimă  $D_m$  corespunzător unei radiații monocromatice se calculează cu relația:

$$D_m = \alpha_0 - \alpha$$

Dacă între cele două citiri care intervin în calculul lui  $D_m$  se găsește diviziunea "0", valoarea unghiului se calculează cu relația:

$$D_m = (\alpha_0 + 360) - \alpha$$

Indicele de refracție  $n$  se calculează cu ajutorul relației (4.14).

În relația de calcul al indicelui de refracție unghiul de refringentă se consideră egal cu media valorilor calculate în prima parte a lucrării, iar unghiul de deviație minimă este valoarea medie obținută. Se efectuează calculele pentru toate radiațiile indicate. Datele experimentale și cele calculate se trec în tabelul 4.3.

Tabelul 4.3

$\lambda$	$\bar{A}$	$\alpha_0$	$\alpha$	$D_m$	$\bar{D}_m$	$n$
nm	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	

Se reprezintă grafic curba de dispersie  $n = n(\lambda)$ .

Din curba de dispersie se determină  $n_D$ ,  $n_C$  și  $n_F$  știind că:  $\lambda_F = 486 \text{ nm}$

$$\lambda_D = 589 \text{ nm}$$

$$\lambda_C = 656 \text{ nm}$$

Se calculează numărul lui Abbe  $v$  cu ajutorul relației (4.3).

Rezultatele se trec în tabelul 4.4.

Tabelul 4.4

$n_F$	$n_D$	$n_C$	$v$