

1. DETERMINAREA INDICELUI DE REFRACTIE AL UNEI PRISME PRIN METODA MINIMULUI DE DEVIATIE.

Scopul lucrării: Determinarea indicelui de refracție al unei prisme de sticlă.

Dispozitive și materiale necesare: goniometru, prismă optică, lampă cu vapori de sodiu și drosel pentru alimentarea lămpii.

Principiul fizic al metodei. Prisma este un sistem optic format din doi dioptri plani ai căror suprafețe de separație formează un unghi diedru diferit de zero, numit unghi de refracție. Dreapta de intersecție a suprafețelor de separație (Σ_1 și Σ_2 în Fig. 1) se numește muchia prisme.

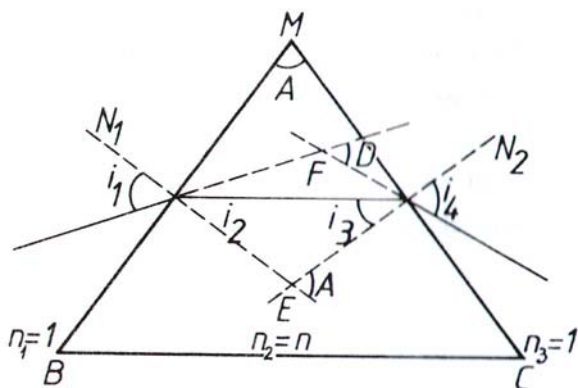


Fig.1

În Fig.1 este reprezentată propagarea unei radiații monocromatice printr-o prismă optică aflată în aer ($n_1=n_3=1$), confecționată dintr-un material cu indice de refracție $n_2=n$ aflată în aer ($n_1=n_3=1$). Intersecția planului figurii cu muchia prisme, punctul M este vârful unghiului de refracție al prisme, determinat de intersecțiile MB și MC ale suprafețelor dioptrilor plani, Σ_1 și Σ_2 cu același plan. Sa notăm unghiul de refracție al prisme cu A

Unghiul de incidență al razei de lumină pe fața MB a prisme este notat cu i_1 , iar unghiul de emergență pe fața MC cu i_4 .

Unghiul D format de raza emergentă cu prelungirea razei incidente se numește unghi de deviație.

Din Fig.1 rezultă:

- (1) $D = i_1 + i_4 - (i_2 + i_3).$
- (2) $A = i_2 + i_3.$
- (3) $D = i_1 + i_4 - A.$

Pentru o prismă dată (unghi de refracție și indice de refracție fixați) unghiul de deviație D depinde direct și indirect (prin unghiul de emergență) de unghiul de incidență pe fața de intrare în prismă.

Prisma derivată a funcției (3)

$$(4) \quad \frac{dD}{di_1} = 1 + \frac{di_4}{di_1}$$

se anulează în condiția:

$$(5) \quad di_4 = - di_1.$$

În conformitate cu (2) rezultă:

$$(6) \quad di_2 = - di_3.$$

Să scriem legile refracției luminii la nivelul suprafețelor de separație Σ_1 și Σ_2

$$(7) \quad \begin{aligned} \sin i_1 &= n \sin i_2 \\ n \sin i_3 &= \sin i_4 \end{aligned}$$

Din egalitățile (7) găsim:

$$(8) \quad \sin \frac{i_1 + i_4}{2} \cos \frac{i_1 - i_4}{2} = n \sin \frac{i_2 + i_3}{2} \cos \frac{i_2 - i_3}{2}$$

Să luăm în considerație una din soluțiile ecuațiilor diferențiale (5) și (6):

$$(9) \quad i_1 = i_4, \quad i_2 = i_3.$$

și să utilizăm egalitățile (2), (3) și (7).

Constatăm că egalitatea (8) poate fi scrisă sub forma:

$$(10) \quad \sin \frac{A+D}{2} = n \sin \frac{A}{2} \frac{\cos \frac{i_2-i_3}{2}}{\cos \frac{i_1-i_4}{2}}.$$

Funcția:

$$(11) \quad F(i_1) = \frac{\cos \frac{i_2-i_3}{2}}{\cos \frac{i_1-i_4}{2}}.$$

are valoare minimă $F(i_{1m})=1$ în condiția (9):

$$(9m) \quad i_1 = i_4 = i_{1m}, i_2 = i_3 = i_{2m}$$

În condițiile de derivație minimă (9m), din (2), (3), (11) și (10) rezultă:

$$(12) \quad i_{1m} = \frac{A+Dm}{2}; \quad i_{2m} = \frac{A}{2} \quad n = \frac{\sin \frac{A+Dm}{2}}{\sin \frac{A}{2}}.$$

În (ec. 12) indicele m se referă la unghiurile corespunzătoare minimului de derivație.

Ultima relație din (12) conține unghiuri măsurabile (A și D_m) și permite determinarea indicelui de refracție al unei prisme optice.

După cum rezultă din (9m), la minim de deviație, un fascicul de raze paralele străbate prisma simetric, relativ la planul bisector al unghiului de refracție.

Pentru unghiuri mici, exprimate în radiani, ultima relație din (12) devine

$$(13) \quad D_m = (n - 1) A.$$

D. Modul de lucru:

Goniometrul utilizat în laborator permite măsurarea unghiurilor cu o precizie de două secunde.

Pe măsura goniometrului se așează prisma, cu muchia verticală.

Colimatorul C transformă fasciculul omocentric într-un fascicul de raze paralele, iar luneta L asigură observarea fasciculului emergent din prismă.

Iluminarea se realizează cu fasciculul monocromatic obținut de la o lampă de Na ($\lambda_D = 589,3 \text{ nm}$)

Punerea la punct a colimatorului (aducerea fantei în planul focal al lentilei L) se realizează

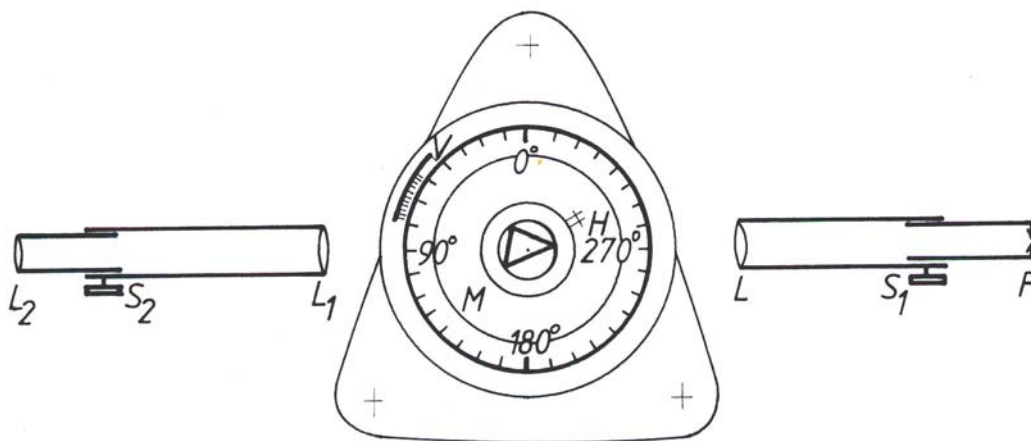


Fig. 2

cu șurubul S_1 , iar reglarea lunetei (aducerea la coincidență a planului focal imagine a lentilei obiectiv L_1 cu planul focal obiect al ocularului L_2) se realizează cu șurubul S_2 (Fig.2).

În absența prisme P se asigură coincidența axelor optice ale colimatorului și lunetei și se obține imaginea clară a fantei F a colimatorului în lunetă prin manevrarea șuruburilor S_1 și S_2 astfel

se asigură punerea la punct, pentru infinit, a lunetei și a colimatorului.

Se așează prisma pe măsura goniometrului și se aduce colimatorul în poziția în care axa lui optică bisectează unghiul de refracție al prisme (Fig. 3). În aceste condiții, fasciculele reflectate pe fețele MB și MC ale prisme formează un unghi egal cu dublul unghiului de refracție al prisme. (Această afirmație poate fi ușor argumentată dacă se știe că la rotirea unei oglinzi cu un unghi α , raza reflectată rotește cu dublul acestui unghi).

Pentru măsurarea unghiului de deviație minimă D_m se așează prisma o dată cu baza spre stânga și o dată cu baza spre dreapta (Fig. 4) față de fasciculul incident.

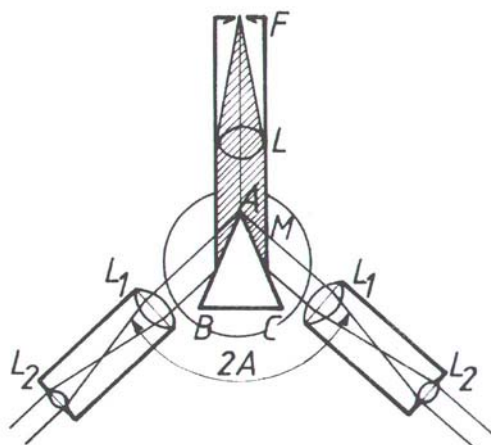


Fig.3

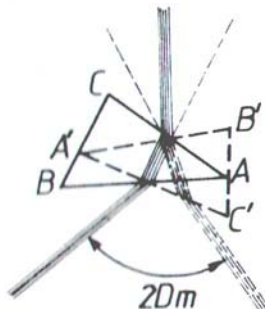


Fig. 4

De fiecare dată se aduce fasciculul în câmpul lunetei. Se deblochează măsura cu prisma și se rotește încet, căutând acea poziție a prisme, pentru care fasciculul emergent își schimbă sensul de deplasare. În acest moment se fixează măsura cu ajutorul unui șurub. Se aduce luneta în poziția în care fasciculul ajunge pe intersecția firelor

reticulare ale lunetei și se efectuează o citire a unghiului. Diferența dintre citirile corespunzătoare celor 2 poziții ale lunetei este egală cu dublul unghiului minim de deviație al prisme.

Valoarea indicelui de refracție se calculează cu formula:

$$(12') \quad n = \frac{\sin \frac{A + D_m}{2}}{\sin \frac{A}{2}}.$$

E. Tabel cu date experimentale:

Nr.	A	D_m	$\sin \frac{A + D_m}{2}$	$\sin \frac{A}{2}$	n
1.					
2.					

F. Intrebări :

- Definiți indicele de refracție al unei substanțe transparente.
- Arătați cum depinde indicele de refracție de starea de agregare.
- Ce viteză are radiația galbenă a sodiului ($\lambda = 5893 \text{ \AA}$) în apă, dar în sticlă?
- Cu ce eroare se măsoară unghiurile cu goniometrul din laborator și cum afectează aceasta eroare valoarea calculată a indicelui de refracție?
- Cum se modifică unghiul de deviație minimă pentru prisme din sticlă cu unghiuri de refracție de $1^\circ, 5^\circ, 8^\circ$?
- În ce domeniu de numere reale poate să ia valori indicele de refracție al substanțelor transparente?
- Ce relație trebuie să existe între unghiul prisme (A) și indicii de refracție n_1 și n_2 astfel încât
 - sa existe raza emergentă din prisma (sa existe raza transmisă prin fața BC) oricare ar fi unghiul de incidență în intervalul $(0 ; \pi/2)$
 - sa NU existe raza emergentă din prisma (sa NU existe raza transmisă prin fața BC) oricare ar fi unghiul de incidență în intervalul $(0 ; \pi/2)$
 - sa existe raza emergentă din prisma (sa existe raza transmisă prin fața BC) pentru un anumit interval de valori ale unghiului de incidență, interval conținut în intervalul $(0 ; \pi/2)$.
- Considerând ca ipoteza faptul că **la minim de deviație, un fascicul de raze paralele străbate prisma simetric, relativ la planul bisector al unghiului de refracție** demonstrați relația (12')

folosind numai rationamente geometrice

