

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

**LABORATORUL DE OPTICĂ
BN - 122 A**

**OBȚINEREA RADIAȚIEI LUMINOASE
POLARIZATE PRIN REFRAȚIE.
RELAȚIILE LUI FRESNEL**

OBTINEREA RADIATIEI LUMINOASE POLARIZATE PRIN REFRACTIE. RELATIILE LUI FRESNEL

1. Scopul lucrării.

Obținerea radiației luminoase polarizate prin refracție.

2. Teoria lucrării

La trecerea radiației prin suprafața de separare dintre două medii dielectrice, fluxul incident se divide într-un fascicul reflectat și unul refractat. Ecuațiile lui Maxwell la suprafața de separare a celor două medii permit determinarea intensității câmpului electric reflectat și refractat în funcție de intensitatea câmpului electric a fascicului incident, de unghiurile de incidență i și de refracție r . Dacă notăm cu E_{IN} și E_{IP} componentele vectorului electric incident, normal (N) și respectiv paralel (P) cu planul de incidență, componentele corespunzătoare ale radiației reflectate (R) și transmise (T) sunt date de:

$$E_{RP} = -E_{IP} \cdot \frac{\operatorname{tg}(i-r)}{\operatorname{tg}(i+r)}; \quad E_{RN} = -E_{IN} \cdot \frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)} \quad (1)$$

pentru radiația reflectată, și:

$$E_{TP} = -E_{IP} \cdot \frac{2 \cdot \cos(i) \cdot \sin(r)}{\sin(i+r) \cdot \cos(i-r)} \quad E_{TN} = -E_{IN} \cdot \frac{2 \cdot \cos(i) \cdot \sin(r)}{\sin(i+r)} \quad (2)$$

pentru radiația transmisă.

Dupa cum se poate observa, componenta reflectată a câmpului electric, paralelă cu planul de incidență se anulează pentru unghiul de incidență $i = \alpha_B$ (denumit unghi Brewster) care satisface relația:

$$i + r = \frac{\pi}{2} \quad \text{de unde obținem } \operatorname{tg}(i) = n \quad (3)$$

Să notăm cu R și T reflectanțele respectiv transmițanțele corespunzătoare câmpului electric; ele sunt definite ca raport al modulelor vectorilor Poynting și au forma:

$$R_P = \frac{I_{RP}}{I_{IP}} = \left[\frac{\operatorname{tg}(i-r)}{\operatorname{tg}(i+r)} \right]^2 \quad (4a)$$

$$R_N = \frac{I_{RN}}{I_{IN}} = \left[\frac{\sin(i-r)}{\sin(i+r)} \right]^2 \quad (4b)$$

$$T_P = \frac{I_{TP}}{I_{IP}} = \frac{\sin(2i) \cdot \sin(2r)}{[\sin(i+r)]^2 \cdot [\cos(i-r)]^2} \quad (4c)$$

$$T_N = \frac{I_{TN}}{I_{IN}} = \frac{\sin(2i) \cdot \sin(2r)}{[\sin(i+r)]^2} \quad (4d)$$

Radiația transmisă nu se polarizează complet pentru nici un unghi de incidență; într-adevăr, din ultimele două relații din (4) obținem

$$T_N = T_P \cdot [\cos(i-r)]^2 < T_P \quad (5)$$

Se observă că deoarece $\cos(i-r) < 1$, refracțiile succesive pot determina reducerea componentei E_{TN} în raport cu E_{TP} (și deci pot crește gradul de polarizare al undei transmise) dar nu o pot anula. Rezultă că singura metodă eficientă de polarizare totală este cea prin reflexie.

Pentru o incidență Brewster, transmitanțele pot fi obținute prin introducerea relației (3) în (4c) respectiv (4d); obținem:

$$T_P = 1 \quad T_N = [\sin(2i)]^2 = \frac{4n^2}{(1+n^2)^2} \quad (6)$$

Intensitățile undelor transmise printr-o singură lamă de sticlă devin:

$$I_{TN} = I_{IN} \cdot \frac{4n^2}{(1+n^2)^2} \quad I_{TP} = I_{IP} \quad (7)$$

La trecerea prin m plăci de sticlă, intensitățile unde transmise devin:

$$I_{TNT} = I_{IN} \cdot \left[\frac{4n^2}{(1+n^2)^2} \right]^m \quad (8)$$

Un factor perturbator îl constituie scăderea intensității radiației absorbției în plăcile de sticlă, dependentă de grosimea d a mediului absorbant după o lege de forma:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot m \cdot d} = I_0 \cdot (e^{-\mu \cdot d})^m = I_0 \cdot \eta^m \quad (9)$$

unde am notat $\eta = e^{-\mu d}$ iar μ este coeficientul de absorbție al mediului. Mărima I_0 corespunde intensității maxime măsurate, fără plăci. Ținând cont de (8) și (9), intensitatea transmisă ia forma finală:

$$I_{TNT} = I_{IN} \cdot \left[\frac{4n^2 \cdot \eta}{(1+n^2)^2} \right]^m \quad (10)$$

Prin logaritizarea relației (10) obținem:

$$\ln\left(\frac{I_{TN}}{I_{IN}}\right) = m \cdot \ln\left[\frac{4n^2 \cdot \eta}{(1+n^2)^2}\right] \quad (11)$$

Rezultă că dacă reprezentăm grafic $\ln\left(\frac{I_{TN}}{I_{IN}}\right)$ în funcție de m , putem determina din panta acestei dependențe liniare mărimea:

$$p = \ln\left[\frac{4n^2 \cdot \eta}{(1+n^2)^2}\right] \quad (12)$$

Factorul η poate fi determinat prin logaritizarea relației (9):

$$\ell n\left(\frac{I}{I_0}\right) = m \cdot \eta \quad \ln\left(\frac{I}{I_0}\right) = m \ln \eta \quad (13)$$

Remarcăm ca mai sus, că panta dependenței liniare $\ell n\left(\frac{I}{I_0}\right) = f(m)$ este chiar coeficientul de atenuare η . O dată aflat, putem determina indicele de refracție n cu ajutorul ecuației (12).

3. Dispozitivul experimental este alcătuit dintr-o sursă de lumină, un polarizor, un suport cu plăci de sticlă și o fotodiodă cu aparatul de măsură aliniat axial.

4. Modul de lucru

a) Se aliniaza dispozitivul experimental astfel încât radiația să treacă prin polarizor, prin stiva (topul) de plăci și să cadă perpendicular pe fotodiodă.

b) Se așează stiva de plăci perpendicular pe direcția incidentă și se măsoară valorile măsurate pentru intensitatea curentului din fotodiodă (proporționale cu intensitatea luminoasă), în funcție de numărul de plăci introduse: $m = 1, 2, 3, 4, 5, 6$. Datele sunt trecute în tabelul 1 de forma:

Tabelul 1

m	1	2	3	4	5	6
I						

c) Se rotește pachetul de plăci, urmărindu-se fasciculul reflectat pe o foaie de hartie albă până când se obține o valoare minimă a intensității. În această poziție a pachetului de plăci se rotește polarizatorul pentru a obține o scădere a intensității luminoase. Se repetă procedura până când intensitatea fasciculului reflectat este cât mai apropiată de zero. În această poziție radiația este incidentă la unghiul Brewster pe pachetul de plăci, iar polarizorul transmite radiație cu vectorul electric oscilând în planul de incidentă. Se notează unghiul planului de incidentă și se rotește polarizorul cu aproximativ 90° până când intensitatea transmisă prin polarizor este minimă, ceea ce corespunde unei radiații cu vectorul E perpendicular pe planul de incidență.

d) În această poziție se scot plăcile una și se notează valorile măsurate pentru intensitatea curentului din fotodiodă (proporționale cu intensitatea luminoasă), în tabelul 2.

Tabelul 2.

m	1	2	3	4	5	6
I'						

e) Se montează placile la loc în suport și se rotește axa polarizorului din 5 în 5 grade, notând valorile intensității în tabelul 3; se asociază unghiul zero poziției pentru care intensitatea măsurată este minimă.

Tabelul 3.

β	0°	5°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
I''			...								

5. Prelucrarea rezultatelor

Folosind datele din tabelul 1, Se traseaza pe hartie milimetrica graficul $\ln\left[\frac{I}{I_0}\right]$ în funcție de m . Din panta dreptei trasate printre puncte, se măsoară coeficientul de atenuare η (vezi relația (13)). Se traseaza apoi pe baza tabelului 2, graficul $\ln\left[\frac{I'}{I_0}\right]$ în funcție de m ; măsurând panta acestei dependențe liniare, se calculează factorul $p = \ln\left[\frac{4n^2 \cdot \eta}{(1+n^2)^2}\right]$ (vezi relația (12)). După determinarea indicelui de refracție n din ecuația (12), se calculează unghiul Brewster $\alpha_B = \arctg(n)$ și se compară cu valoarea determinată experimental.

Folosind datele din tabelul 3, se realizează graficul $\frac{I''}{I_0}$ în funcție de $\cos^2(\beta)$. Să se demonstreaza ca din punct de vedere teoretic graficul trebuie sa fie o dreaptă. Să se estimeze calitativ gradul de liniaritate al graficului obținut.