

# STUDIUL POLARIZĂRII LUMINII

## 1. Scopul lucrării

Lucrarea îmi propune măsurarea intensității luminii care trece printr-un sistem format dintr-un polarizor și un analizor în funcție de unghiul  $\varphi$  dintre planele de polarizare ale polarizorului și respectiv analizorului. De asemenea, se va verifica legea lui Malus prin reprezentarea grafică în coordonate polare a curbelor intensității obținute experimental și calculate teoretic în funcție de unghiul  $\varphi$  și se va aprecia acuratețea experimentului.

## 2. Considerații teoretice

În concepția ondulatorie lumina este o undă electromagnetică cu lungimea de undă cuprinsă între 3800-7600 Å. Efectul de "lumină" se datorează componentei electrice a câmpului electromagnetic. Vectorii intensitate a câmpului electric,  $\vec{E}$ , intensitate a câmpului magnetic,  $\vec{H}$  și viteza de propagare a undei  $\vec{v}$ , formează un triedru drept așa cum se vede în figura 1.

Vibrațiile vectorului – se efectuează într-un plan perpendicular pe viteza de propagare, dar se pot deosebi următoarele trei situații distincte:

- Vibrațiile vectorului  $\vec{E}$  au aceeași amplitudine în toate direcțiile din planul  $\vec{H}, \vec{E}$  (vezi Fig. 2a). În acest caz lumina este numită naturală sau nepolarizată. Este cazul luminii emise de soare sau alte surse obișnuite.
- Amplitudinile de vibrație sunt mai mari pe o anumită direcție din planul  $(\vec{H}, \vec{E})$  decât pe celelalte (vezi Fig.2b). Este cazul luminii parțial polarizată. O astfel de lumină se obține din lumina naturală prin fenomene optice ca reflexie, refracție etc.
- Vibrațiile se efectuează doar pe o singură direcție din planul  $(\vec{H}, \vec{E})$  așa cum e reprezentat în figura 2c. Această lumină se numește total polarizată, sau plan polarizată, sau liniar polarizată. Planul determinat de direcția de vibrație a vectorului  $\vec{E}$  și direcția de propagare se numește plan de vibrație.

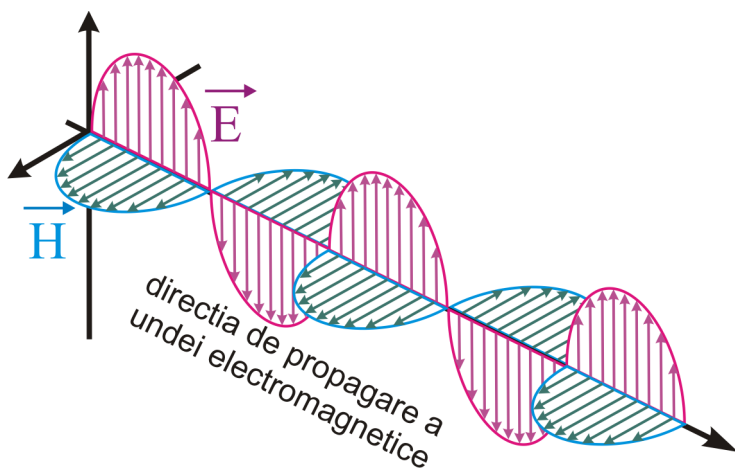


Figura 1.

Lumina polarizată poate fi obținută prin fenomene de: reflexie, refracție (parțial sau total polarizată) sau prin *fenomenul de birefringență* (total polarizată).

## Studiul polarizării luminii

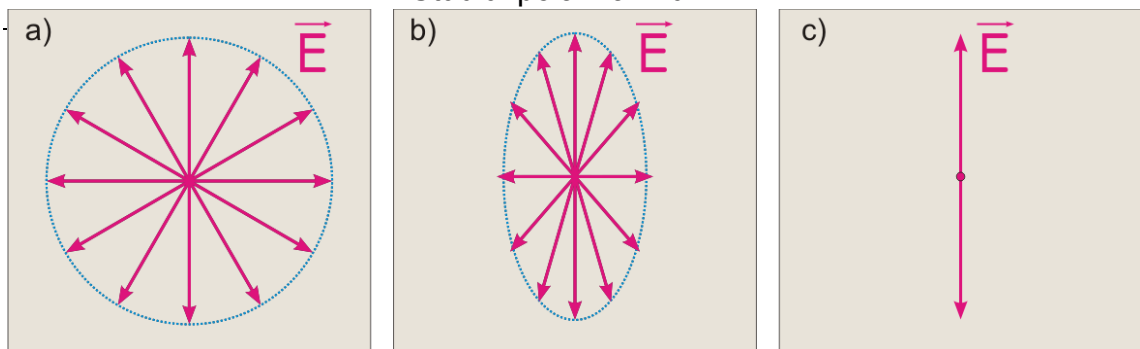


Figura 2.

*Fenomenul de birefrință* a fost observat pentru prima dată de Fresnel. El a constatat faptul că la trecerea unui fascicul de lumină printr-un cristal de calcit ( $\text{CaCO}_3$ ), acesta se separă în două fascicule care sunt incapabile să producă interferență. Young a sugerat o explicație pentru acest fenomen, și anume a presupus faptul că lumina, este o undă transversală, cele două componente obținute în urma trecerii prin cristalul de calcit având plane de oscilație reciproc perpendiculare. El a numit acest efect ca polarizare plană, iar fenomenul obținerii celor două componente “dublă refracție”. Una dintre cele două componente traversează cristalul cu aceeași viteză  $v_o$  în toate direcțiile, se numește undă ordinară și corespunzător indicele de refracție al cristalului este  $n_o = v/v_o$ , iar cealaltă componentă traversează cristalul cu o viteză  $v_e$  mai mare decât  $v_o$  și se numește undă extraordinară. Indicele de refracție corespunzător undei extraordinare este  $n_e = v/v_e$  fiind mai mic decât  $n_o$ . Există și alte cristale care manifestă dublă refracție ca: würitzitul ( $\text{ZnS}$ ), cuarțul ( $\text{SiO}_2$ ), dolomitul ( $\text{CaO.MgO.2CO}_2$ ), etc.

Obținerea luminii total polarizate (liniar polarizate) prin fenomenul de birefrință, s-a realizat pentru prima dată utilizând cristalul de calcit (numit și spat de Islanda), tăiat într-un plan corespunzător, după anumite reguli cristalografice, în două părți, lipite apoi cu balsam de Canada (vezi Fig.3). Un astfel de dispozitiv se numește *nicol*.

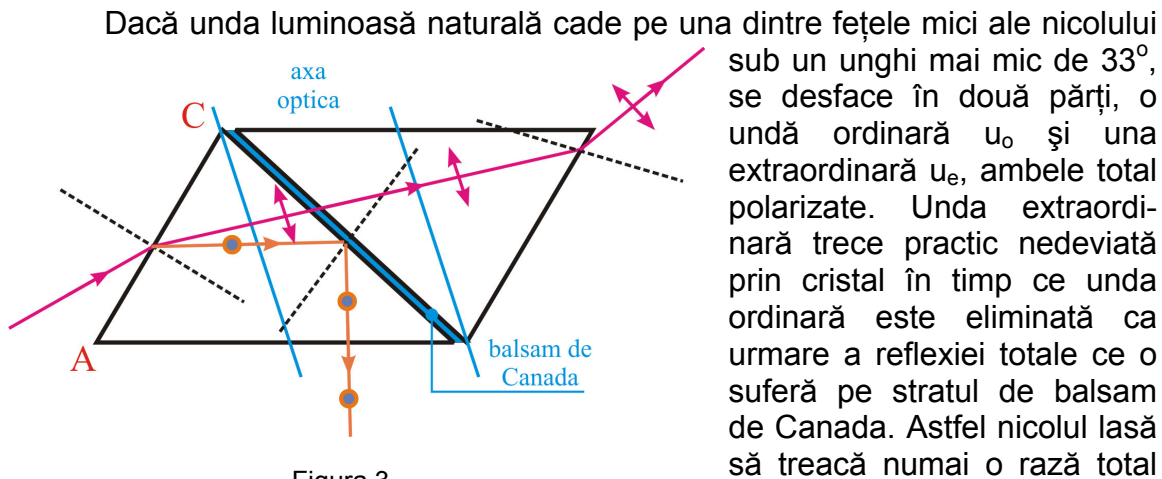


Figura 3.

Dacă unda luminoasă naturală cade pe una dintre fețele mici ale nicolului sub un unghi mai mic de  $33^\circ$ , se desface în două părți, o undă ordinară  $u_o$  și una extraordinară  $u_e$ , ambele total polarizate. Unda extraordinară trece practic nedeviată prin cristal în timp ce unda ordinară este eliminată ca urmare a reflexiei totale ce o suferă pe stratul de balsam de Canada. Astfel nicolul lasă să treacă numai o rază total

polarizată. Planul de vibrație al acesteia coincide cu așa numita secțiune principală (cristalografic determinată) a cristalului. Rotind nicolul în jurul razei incidente, planul secțiunii principale și odată cu el cel de vibrație se rotesc de asemenea.

Dispozitivele care prin fenomene de reflexie, refracție, birefringentă etc. duc la polarizarea luminii se numesc *polarizori*. Dacă în asemenea dispozitive intră lumină naturală, la ieșire se obține lumină polarizată astfel că odată cu rotirea dispozitivului planul de vibrație se rotește, dar intensitatea fasciculului rămâne constantă.

Dacă însă lumina incidentă este polarizată, la ieșirea din dispozitiv se obține tot lumină polarizată, dar a cărei intensitate variază în funcție de unghiul dintre planul de vibrație incident și emergent (variază deci odată cu rotirea dispozitivului). Ca urmare, aceste dispozitive pot fi folosite și pentru analizarea luminii, numindu-se în acest caz *analizori*.

Dacă un fascicul de lumină naturală trece printr-un polarizor, iar apoi printr-un analizor, intensitatea  $I$  a fasciculului emergent este dată de legea lui Malus:

$$I = I_0 \cos^2 \varphi \quad (1)$$

unde  $\varphi$  este unghiul dintre planele de vibrație ale luminii înainte și după analizor, iar  $I_0$  intensitatea fasciculului ce intră în analizor.

### 3. Aplicații

Lumina polarizată este folosită în știință și tehnică. În știință este folosită la: i) determinarea spinului nucleului pe cale polarimetrică; ii) studiul efectelor Stark, Zeeman; Faraday; iii) studiul structurii moleculare prin rotație optică; iv) în astrofizică la studiul stării de polarizare a luminii primite de la diferite nebuloase. În tehnică lumina polarizată este folosită la: i) analiza prin metoda fotoelasticității a tensiunilor produse în piese sub acțiunea forțelor exterioare; ii) măsurători de rotație unghiulară și de deplasări liniare sau unghiulare (telemetrie); în metrologie este folosită la: i) modulări de fluxuri luminoase; ii) la filtre optice cu proprietăți variate și cu aplicații diverse, etc.

### 4. Metodica experimentală

În lucrarea de față, lumina naturală provenind de la un bec este trecută printr-un nicol având rolul de polarizor, apoi cade pe o placă reflectantă cu rol de analizor. Unghiul  $\varphi$  din relația (1) va fi unghiul făcut de direcția secțiunii principale a nicolului cu perpendiculara pe planul de incidență al oglinzii (aceasta fiind direcția preferențială la polarizarea prin reflexie). În timpul lucrării oglinda și direcția razei incidente pe ea rămân fixe. Nicolul este montat într-un tub și rotit odată cu acesta. Din această cauză unghiul  $\varphi$  variază și se crează posibilitatea verificării legii lui Malus.

4.1 Montajul experimental

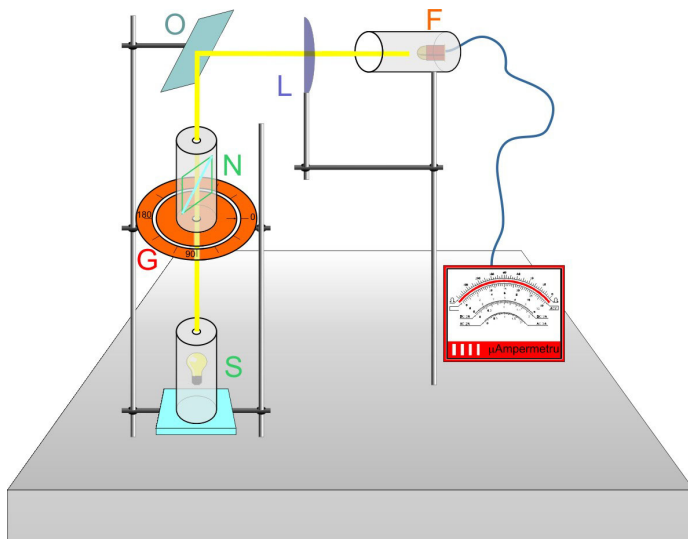


Figura 4.

Dispozitivul folosit este schițat în figura 4. De la becul S lumina ajunge la nicolul N (polarizor). Trecând prin nicol lumina devine total polarizată. Nicolul este montat într-un dispozitiv ce poate fi rotit, având posibilitatea de a măsura unghiul de rotație cu ajutorul unui sistem goniometric G. Fasciculul ce părăsește nicolul ajunge pe oglinda O.

Intensitatea razei reflectate este măsurată cu o fotocelulă F. Aceasta,

funcționând pe baza efectului fotoelectric, generează curenți proporționali cu intensitatea fluxului luminos ce cade pe catodul ei. Fotocelula este așezată în focarul unei lentile L, iar curentul generat se măsoară cu un microampermetru  $\mu A$ .

4.2 Modul de lucru

1. Se identifică părțile componente ale dispozitivului experimental conform schemei din figura 4.
2. Se alimentează sursa de lumină.
3. Se rotește tubul cu nicol cu câte  $30^\circ$  de la  $0^\circ$  la  $360^\circ$  și se măsoară intensitatea curentului corespunzătoare fiecărei poziții a nicolului, trecând rezultatele în tabelul de mai jos.

Tabelul 1.

| $\varphi$ (grade)          | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 300 | 330 | 360 |
|----------------------------|---|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $I_e(\varphi)$ ( $\mu A$ ) |   |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| $I_t(\varphi)$ ( $\mu A$ ) |   |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

5. Prelucrarea datelor experimentale

5.1 Determinarea mărimilor fizice și trasarea graficelor

1. Cu datele obținute se va trasa variația  $I_e = f(\varphi)$  în coordonate polare.
2. Valoarea maximă obținută a curentului notată cu  $I_{max}$ , se va utiliza pentru calculul valorilor teoretice, conform legii lui Malus,

$$I_t = I_{\max} \cos^2 \varphi, \quad (2)$$

pentru fiecare unghi  $\varphi$  considerat experimental.

3. Se reprezintă alături de curba experimentală, curba teoretică  $I_t = f(\varphi)$ .

### 5.2. Calculul erorilor

1. Privind graficul se alege direcția pe care diferența  $|I_e - I_t|$  este maximă și se citește valoarea abaterii maxime

$$\Delta I = |I_e - I_t|. \quad (3)$$

2. Se determină eroarea relativă maximă

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{|I_e - I_t|}{I_t} 100 \text{ (\%)}. \quad (4)$$