Laborator de Fizica

STUDIUL POLARIZARII LUMINII

I. Scopul lucrării

Măsurarea intensităţii luminii care trece printr-un sistem polarizor-analizor in funcţie de unghiul, φ dintre planele de polarizare ale polarizorului si respectiv analizorului.

Reprezentarea grafica in coordonate polare a curbelor experimentala si teoretică, in funcţie de unghiul φ – verificarea legii lui Malus .

II. Consideraţii teoretice

In concepţia 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, $\vec{H}$ şi viteza de propagare a undei $\vec{c}$, formează un triedru drept aşa cum se vede în figura 1.

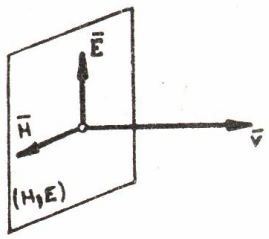

Fig. 1

Vibraţiile vectorului $\vec{E}$ se efectuează într-un plan perpendicular pe viteza de propagare, dar se pot deosebi următoarele trei situaţii distincte:

a) Vibraţiile vectorului $\vec{E}$ au aceeaşi amplitudine în toate direcţiile din planul $\vec{H}$, $\vec{E}$ (fig. 2a). In acest caz lumina este numită naturală sau nepolarizată. Este cazul luminii emise de soare sau alte surse obişnuite.

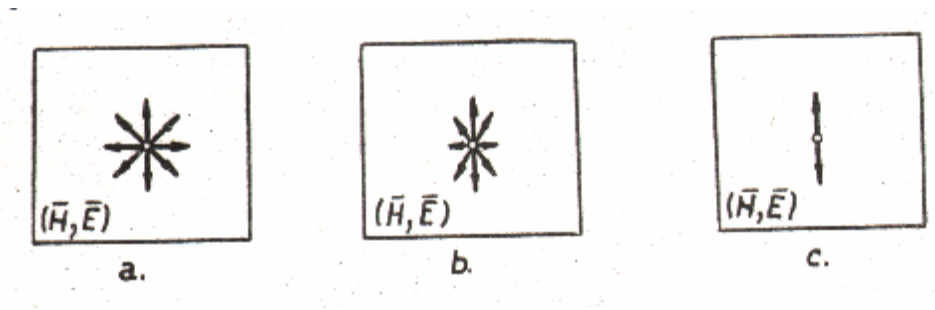

Fig. 2

b) Amplitudinile de vibraţie sunt mai mari pe o anumită direcţie din planul ($\vec{H}$, $\vec{E}$) decât pe celelalte (fig.2b). Este cazul luminii parţial polarizate. O astfel de lumină se obţine din lumina naturală prin fenomene optice ca reflexie, refracţie etc.

c) Vibraţiile se efectuează doar pe o singură direcţie din planul ($\vec{H}$, $\vec{E}$) aşa cum e reprezentat in figura 2c. Această lumină se numeşte total polarizată, sau plan polarizată, sau liniar polarizată. Planul determinat de direcţia de vibraţie a vectorului $\vec{E}$ şi direcţia de propagare se numeşte plan de vibraţie.

Lumina polarizată poate fi obţinută prin fenomene de: reflexie, refracţie (parţial sau total polarizată) sau prin fenomenul de birefringenţă (total polarizată).

Fenomenul de birefringenţă a fost observat pentru prima dată de Fresnel. El a constatat faptul că la trecerea unui fascicul de lumină printr-un cristal de calcit ($CaCO_3$), acesta se separă în două fascicule care sunt incapabile să producă interferenţă. Young a sugerat o explicaţie pentru acest fenomen, şi anume a presupus faptul că lumina, este o undă transversală, cele două componente obţinute în urma trecerii prin cristalul de calcit având plane de oscilaţie reciproc perpendiculare. El a numit acest efect ca polarizare plană, iar fenomenul obţinerii celor două componente "dublă refracţie". Una dintre cele două componente traversează cristalul cu aceeaşi viteză v_o în toate direcţiile, se numeşte undă ordinară şi corespunzător indicele de refracţie al cristalului este $n_o = c/v_o$, iar cealaltă componentă traversează cristalul cu o viteză v_e mai mare decât v_o şi se numeşte undă extraordinară. Indicele de refracţie corespunzător undei extraordinare este $n_e = c/v_e$ fiind mai mic decât n_o. Există şi alte cristale care manifestă dublă refracţie ca: würzitul (ZnS), cuarţul (SiO_2), dolomitul ($CaO.MgO.2CO_2$), etc.

Obţinerea luminii total polarizate (liniar polarizate) prin fenomenul de birefringenţă, s-a realizat pentru prima dată utilizând cristalul de calcit (numit şi spat de Islanda), tăiat intr-un plan corespunzător, după anumite reguli cristalografice, în două părţi, lipite apoi cu balsam de Canada (fig.3). Un astfel de dispozitiv se cheamă *nicol.*

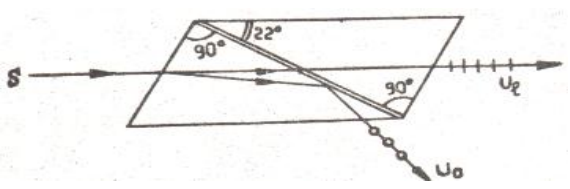

Fig. 3

Dacă unda luminoasă naturală cade pe una dintre feţele mici ale nicolului sub un unghi mai mic de 33^o, se desface în două părţi, o undă ordinară şi una extraordinară ambele total polarizate.

Unda extraordinară (u_e – Fig.3) trece practic nedeviată prin cristal în timp ce unda ordinară (u_o – Fig.3) este eliminată ca urmare a reflexiei totale care are loc pe stratul de balsam de Canada. Astfel nicolul lasă să treacă o singură rază total polarizată. Planul de vibraţie al acesteia coincide cu aşa numita secţiune principală (cristalografic determinată) a cristalului. Rotind nicolul în jurul razei incidente, planul secţiunii principale si odată cu el cel de vibraţie se rotesc de asemenea.

Dispozitivele care prin fenomene de reflexie, refracţie, birefringentă etc. duc la polarizarea luminii se numesc polarizori. Dacă în asemenea dispozitive intră lumină naturală, la ieşire se obţine lumină polarizată astfel că odată cu rotirea dispozitivului planul de vibraţie se roteşte dar intensitatea fasciculului rămâne constantă.

Dacă însă lumina incidentă este polarizată, la ieşirea din dispozitiv se obţine tot lumină polarizată dar a cărei intensitate variază în funcţie de unghiul dintre planul de vibraţie incident şi emergent (variază deci odată cu rotirea dispozitivului). Ca urmare, aceste dispozitive pot fi folosite şi 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:

$$I = I_o \cos^2 \alpha \qquad (1)$$

unde α este unghiul dintre planele de vibraţie ale luminii înainte si după analizor, iar I_o intensitatea fasciculului ce intră în analizor.

In lucrarea de faţă, 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 α din relaţia (1) va fi unghiul făcut de direcţia secţiunii principale a nicolului cu perpendiculara pe planul de incidenţă al oglinzii (aceasta fiind direcţia preferenţială la polarizarea prin reflexie). In timpul lucrării oglinda si direcţia razei incidente pe ea rămân fixe. Nicolul este montat într-un tub si rotit odată cu acesta. Din această cauză unghiul α variază si se creează posibilitatea verificării legii lui Malus.

III. Metodica experimentală

a) Dispozitivul experimental

Dispozitivul folosit este schiţat în figura 4.

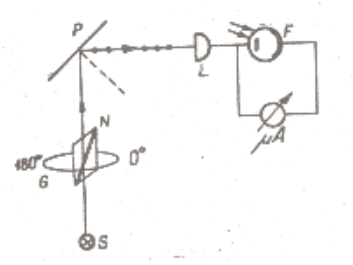

Fig. 4

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 rotaţie cu ajutorul unui sistem goniometric G. Fasciculul ce părăseşte nicolul ajunge pe placa reflectantă P.

Intensitatea razei reflectate este măsurată cu o fotocelulă F. Aceasta, funcţionând pe baza efectului fotoelectric, generează curenţi proporţionali cu intensitatea fluxului luminos ce cade pe catodul ei. Fotocelula este aşezată în focarul unei lentile L, iar curentul generat se măsoară cu un microampermetru μA.

b) Modul de lucru

1. Se identifică părţile componente ale dispozitivului experimental conform schemei din figura 4.
2. Se alimentează sursa de lumină.
3. Se roteşte tubul cu nicol cu câte 30^o de la 0^o la 360^o si se măsoară intensitatea curentului corespunzătoare fiecărei poziţii a nicolului, trecând rezultatele în tabelul de mai jos.

Tabelul 1.

φ (grade)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360
$I_e(\varphi)$ (μA)													
$I_t(\varphi)$ (μA)													

IV. Prelucrarea datelor experimentale

a. Determinarea mărimilor fizice si trasarea graficelor

1. Cu datele obţinute se va trasa variaţia $I = f(\varphi)$ în coordonate polare.
2. Valoarea maximă a curentului obţinută notându-se cu I_{max}, se vor calcula conform legii lui Malus valorile teoretice.

$$I_t = I_{max} \cos^2 \varphi \tag{2}$$

pentru fiecare unghi φ considerat experimental.

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

b. Calculul erorilor

1. Privind graficul se alege direcţia pe care diferenţa $|I - I_t|$ este maximă si se citeşte valoarea abaterii maxime

$$\Delta I = |I - I_t| \tag{3}$$

2. Se determină eroarea relativă maximă

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{|I - I_t|}{I_t} 100 \ (\%) \tag{4}$$