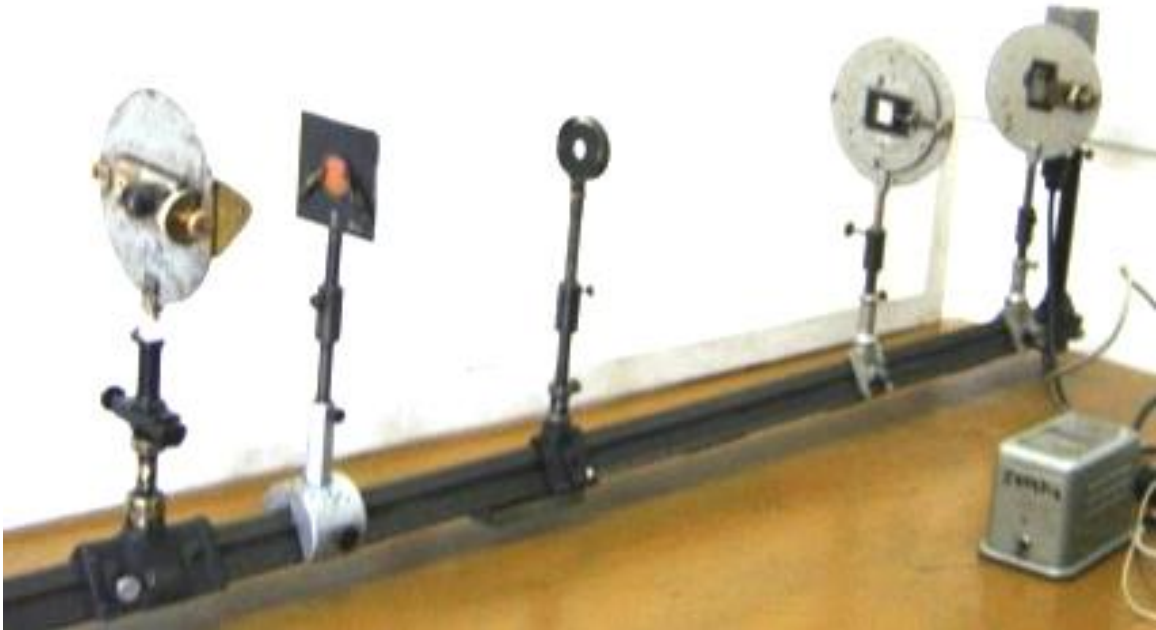


LUCRAREA NR. 8

DETERMINAREA LUNGIMII DE UNDĂ CU AJUTORUL BIPRISMEI FRESNEL



Tema lucrării:

- 1) Determinarea interfranței
- 2) Determinarea lungimii de undă a unor radiații din spectrul mercurului

Aparate:

Biprisma Fresnel, ocular de citire cu deplasare micrometrică pe orizontală, lentilă convergentă, lampă cu vapori de mercur, filtre (galben și verde), banc optic, cavaleri.

Considerații teoretice:

În optică, fenomenele de interferență sunt observabile numai dacă cele două izvoare au aceeași frecvență și dacă diferența de fază dintre ele se menține constantă în timp, adică izvoarele sunt coerente.

Pentru a obține izvoare coerente, se folosesc de obicei două imagini ale unei surse, obținute cu ajutorul unui dispozitiv interferențial prin divizarea fasciculului incident. Biprisma Fresnel este un astfel de dispozitiv interferențial .

Să considerăm două surse de lumină punctiforme, S_1 și S_2 . Undele emise de surse pot fi descrise cu ajutorul ecuațiilor:

$$y_1 = a_1 \sin(\omega t - \varphi_1)$$

$$y_2 = a_2 \sin(\omega t - \varphi_2)$$

Fie punctul M așezat la distanța d_1 , respectiv d_2 de cele două surse (distanțele d_1 și d_2 sunt mari față de distanța dintre cele două surse). Undele luminoase de amplitudini a_1 și a_2 , care ajung în M și se suprapun, au expresiile:

$$y_1 = a_1^l \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{d_1}{\lambda} \right) - \varphi_1 \right]$$

$$y_2 = a_2^l \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{d_2}{\lambda} \right) - \varphi_2 \right]$$

unde:

$$a_1^l = \frac{a_1}{d_1} \quad \text{și} \quad a_2^l = \frac{a_2}{d_2}$$

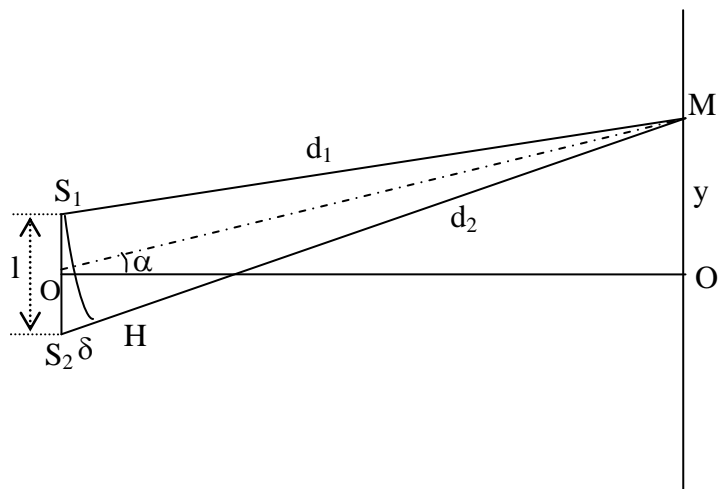


Fig. 8.1. Determinarea interfranței

Amplitudinea mișcării rezultate în punctul **M** este dată de:

$$A^2 = a_1'^2 + a_2'^2 + 2 \cdot a_1' \cdot a_2' \cdot \cos \left[\frac{2\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) + (\varphi_2 - \varphi_1) \right]$$

Iar intensitatea:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \left[\frac{2\pi}{\lambda} (d_2 - d_1) + (\varphi_2 - \varphi_1) \right]$$

Suprapunerea celor două unde care se propagă într-o anumită direcție dă naștere la o undă rezultantă, de aceeași frecvență dar a cărei intensitate depinde de poziția punctului **M** în care se face observația.

Fie cazul în care diferența de fază $(\varphi_2 - \varphi_1)$ dintre cele două unde este constantă în timp (pentru simplitate se consideră $\varphi_2 - \varphi_1 = 0$). Starea de interferență în punctul **M** depinde numai de diferența de drum optic dintre cele două unde $\delta = d_2 - d_1$, careia îi corespunde o diferență de fază $\varphi = \frac{2\pi\delta}{\lambda}$.

Locul geometric al punctelor pentru care amplitudinea rezultantă este constantă este definit de condiția: $d_2 - d_1 = \text{const.}$ și are forma unor hiperboloizii de revoluție care au dreapta **S₁S₂** drept axă și punctele **S₁** și **S₂** drept focare.

Amplitudinea este maximă dacă este satisfăcută condiția $d_2 - d_1 = k\lambda$ (sau $\varphi = 2k\pi$), iar dacă este satisfăcută condiția $d_2 - d_1 = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$ (sau $\varphi = (2k + 1)\pi$) atunci amplitudine este minimă.

Intersecția acestor hiperboloizi cu un plan paralel cu **S₁S₂** dă naștere la o familie de hiperbole care reprezintă de fapt franjele de interferență.

Aceste franje pot fi observate în tot spațiul din jurul celor două izvoare, de aceea ele se numesc *franje nelocalizate*.

Fie **l** distanța dintre cele două izvoare coerente, de intensitate egală și **D** distanța de la planul celor două izvoare la planul punctului de observație **M**. Dacă **D** \gg **l**, distanțele **d₁** și **d₂** diferă puțin între ele și cele două unde ajung cu amplitudini egale în punctul **M**. Fie **y** distanța de la punctul **M** la **O'** (centrul figurii de interferență) așezat simetric față de **S₁** și **S₂** (Fig. 8.1).

Din **M** ca centru se duce un arc de cerc de rază **d₁** care intersectează dreapta **S₂M** în punctul **H**. Pentru unghiuri mici, când putem considera $\sin \alpha \approx \text{tg} \alpha$ și $\delta = S_2H = d_2 - d_1$, diferența de drum dintre razele **d₁** și **d₂** este dată de relația:

$$\delta = \frac{y \cdot l}{D} \quad (8.1)$$

Distanța dintre două maxime (sau minime) consecutive se numește *interfranță* i și este egală cu:

$$i = \frac{\lambda \cdot D}{l} \quad (8.2)$$

În general distanța dintre franje este mică și pentru observarea lor este necesară o lupă. Ochiul observatorului fiind acomodat pentru infinit vede clar franjele care se formează în planul focal al lupei.

În punctul O' se obține maxim (maximul central) oricare ar fi lungimea de undă folosită. Dacă distanța D este suficient de mare, franjele sunt practic liniare în jurul punctului O' .

În cazul luminii albe se obțin un număr mic de franje, colorate, așezate de o parte și de cealaltă a franjei centrale (franja de ordin 0). Ele sunt colorate violet spre centrul O' și roșu spre exterior, franja centrală fiind albă.

Descrierea aparaturii:

Biprisma Fresnel este formată din două prisme identice, cu unghiul de refracție mic și cu bazele lipite. (Fig. 8.2).

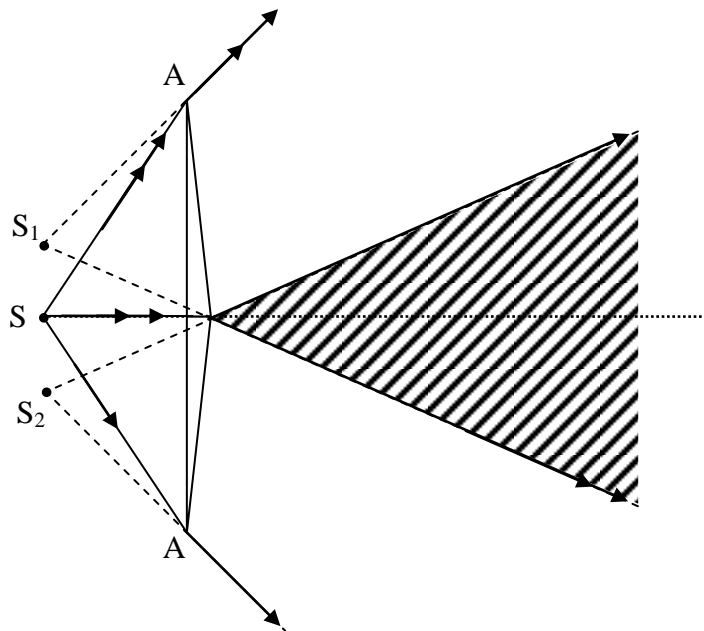


Fig. 8.2. Mersul razelor prin biprisma Fresnel

O sursă luminoasă S (o fantă luminoasă paralelă cu muchia biprismei) dă naștere după refracția prin cele două prisme la două fascicule divergente ce par a proveni de la

două surse virtuale S_1 și S_2 (imaginile sursei S prin cele două prisme). În regiunea comună celor două fascicule se observă franje echidistante pe un paravan așezat perpendicular pe dreapta SA .

Biprismă se poate roti într-un plan vertical (pentru a fi așezată paralel cu fanta) și se poate deplasa pe orizontală cu ajutorul unui șurub micrometric (pentru a face o centrare cât mai corectă).

Ocularul este prevăzut cu un reticul care se poate deplasa pe orizontală. Suportul pe care se găsește ocularul de citire are o riglă orizontală divizată în **0,5 mm** și un șurub micrometric divizat în **0,05 mm**.

Mersul lucrării:

1) Determinarea interfranței

Pe bancul optic se așază în ordine: lampa de mercur S , fanta reglabilă F , biprismă B_p (la o distanță de 30-40 cm de fantă) și ocularul O_c cu filtrul verde (la o distanță de 50-80 cm de biprismă) (Fig.8.3).

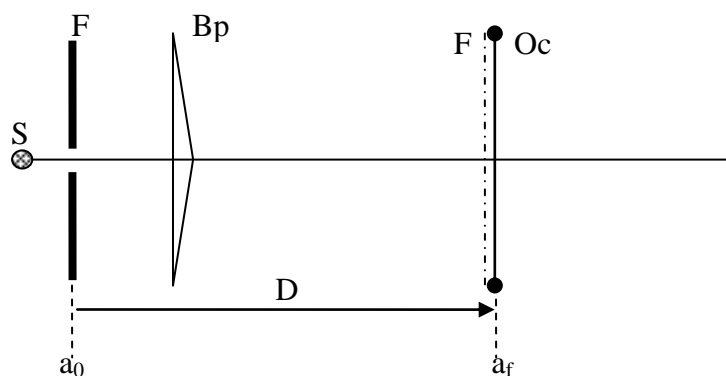


Fig.8.3

Se centrează dispozitivul experimental, așezând piesele la aceeași înălțime. Se deschide fanta la **1-2 mm** lățime și se conectează lampa cu vapori de mercur.

Deplasând lateral lampa cu vapori de mercur, se reglează poziția ei astfel încât fasciculul de lumină ce trece prin fantă să cadă pe mijlocul biprismei. Pe montura ocularului se observă un dreptunghi luminos cu o zonă mai intens luminată în mijloc (corespunzător suprapunerii celor două fascicule de lumină).

Se deplasează lateral ocularul până când fâșia mai luminoasă cade pe mijlocul ocularului. Privind prin ocular se micșorează fanta până când încep să se vadă clar franjele de interferență.

Dacă nici la lățimi foarte mici ale fantei nu se văd franjele, atunci se rotește încet biprisma, în planul vertical, până apare figura de interferență (muchia biprismei devine paralelă cu fanta). Se fixează biprisma în această poziție cu ajutorul șurubului de fixare.

Se deplasează orizontal ocularul cu ajutorul șurubului micrometric până când intersecția firelor reticulare cade pe mijlocul unei franje întunecate din partea stângă a câmpului. Se notează unitățile de pe rigla orizontală și sutimile de pe tambur. Fie această poziție a ocularului a_1 (de ex: pe rigla 12 și pe tambur 36, $a_1=12,36$).

Se rotește șurubul micrometric făcând să defileze prin fața intersecției firelor reticulare un număr n între **10-20** franje întunecate și se citește noua poziție a_2 a ocularului, la fel ca mai sus.

Distanța dintre cele două poziții (exprimată în milimetri) este:

$$d = \frac{1}{2}(a_2 - a_1)$$

Factorul 1/2 apare deoarece o diviziune de pe scala ocularului reprezintă **0,5 mm**.

Pentru a calcula interfranja i , se împarte distanța d la numărul n de franje luminoase (întunecate) care au defilat prin fața intersecției firelor reticulare.

$$i = \frac{d}{n}$$

Se repetă experiența de cel puțin trei ori și se calculează valoarea medie a interfranței \bar{i} .

Se determină poziția fantei a_f , biprismei a_p și ocularului a_0 pe bancul optic.

Distanța de la cele două surse virtuale, coerente, la planul de observație este dată de relația:

$$D = a_0 - a_f$$

Se repetă măsurătorile de mai sus și pentru filtru galben.

Rezultatele experimentale și măsurătorile se trec în tabelul 8.1.

Tabelul 8.1

Filtrul	a_1	a_2	d	n	i	\bar{i}	a_0	a_f	D
	0,5 mm	0,5 mm	mm		mm	mm	cm	cm	cm

2) Determinarea distanței dintre cele două izvoare virtuale

Fanta și biprismă rămân în aceeași poziție ca în determinarea precedentă.

Între biprismă și ocular se așază o lentilă convergentă **L**, considerată subțire, de distanță focală potrivită (10-20 cm). Se deplasează lentila până când în ocular se obține imaginea reală a celor două surse virtuale. Dacă nu se poate obține în ocular imaginea surselor virtuale, se depărtează ocularul față de biprismă până când cele două imagini ale surselor virtuale vor fi clare (Fig.8.3).

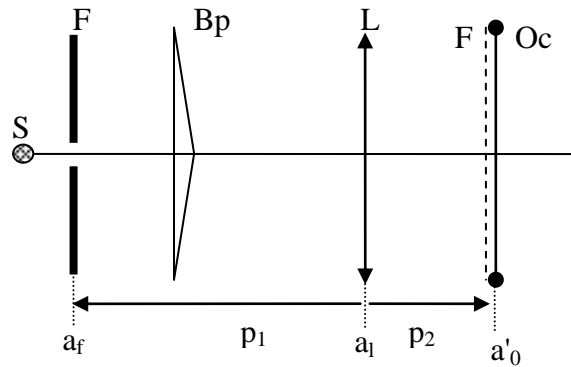


Fig. 8.3.

Se aduce intersecția firelor reticulare pe mijlocul uneia din imagini și se citește poziția corespunzătoare **b₁** de pe rigla orizontală și tambur, apoi se rotește șurubul micrometric până când intersecția firelor reticulare se suprapunere peste mijlocul celei de a doua imagini și se citește din nou poziția corespunzătoare **b₂** de pe rigla orizontală și tambur.

Distanța **l'** dintre imaginile reale ale surselor virtuale se calculează cu relația:

$$l' = \frac{1}{2}(b_2 - b_1)$$

Măsurătorile se repetă de cel puțin trei ori, apoi se determină valoarea medie \bar{l}' .

Se citește, noua poziție a ocularului de pe bancul optic **a'₀** și poziția lentilei convergente **a₁**.

Se calculează distanța de la fantă la lentilă:

$$p_1 = a_1 - a_f$$

și distanța de la lentilă la imaginile reale obtinute:

$$p_2 = a'_0 - a_1$$

Dacă se ține seama de mărirea introdusă de lentilă avem:

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{l^l}{l}$$

Distanța dintre sursele virtuale se determina cu ajutorul relației:

$$l = \frac{p_1 l^l}{p_2} \quad (8.3)$$

Lungimea de undă a radiației folosite se calculează din relația (8.2) fiind:

$$\lambda = \frac{l \cdot i}{D}$$

În locul filtrului verde se așază filtru galben și se repetă experiența de mai sus.

Determinările experimentale se fac în cazul fiecărui filtru pentru cel puțin două poziții ale biprismei.

Rezultatele experimentale și calculele se trec în tabelul 8.2.

Tabelul 8.2

Filtru	\bar{i}	a_f	a'_0	a_1	p_1	p_2	l^l	\bar{l}^l	l	λ	$\bar{\lambda}$	$\overline{\Delta\lambda}$
	mm	cm	cm	cm	cm	cm	mm	mm	mm	nm	nm	nm

$$\lambda = \bar{\lambda} \pm \overline{\Delta\lambda} \text{ (nm)}$$

Atragem atenta asupra unitaților de măsură (cm, mm, nm)!