SCOP

Construirea și alinierea unui interferometru cu oglinzi Fresnel, verificarea experimentală a teoriei interferenței luminii coerente monocromatice.

1. OBIECTIVE

Obținerea unei figuri de interferență.

Măsurarea experimentală a parametrilor geometrici ai interferometrului și ai figurii de interferență.

Calcularea lungimii de undă a radiației monocromatice și a unghiului dintre cele două oglinzi.

Interpretarea rezultatelor obținute.

2. NOȚIUNI TEORETICE

2.a. DEFINIȚII

Interferența luminii: fenomenul de suprapunere a două sau mai multe fascicule luminoase, coerente, având ca rezultat formarea unei figuri de interferență.

Fascicule coerente: fascicule cu aceeași lungime de undă, între care există o diferență de fază constantă în timp.

Figură de interferență: imagine spațială regulată a unor franje luminoase.

Franje: o alternanța de maxime și minime luminoase (echidistante sau nu, liniare sau circulare).

Interfranjă: distanța dintre două maxime (sau minime) consecutive.

Oglinzi Fresnel: un aranjament de două oglinzi plane OF1 și OF2, care formează între ele un unghi foarte mare, (suplementul acestuia fiind α), cu scopul de a obține prin reflexie două fascicule de lumină coerente. Prin suprapunerea lor spațială se formează o figură de interferență cu franje liniare echidistante.

2.b. TEORIA LUCRĂRII

O sursă de lumină monocromatică (laser cu HeNe) este plasată în fața unui sistem de oglinzi Fresnel. Pentru ca fasciculul să ajungă pe ambele oglinzi, acesta se expandează folosind o lentilă L1. Considerăm Q punctul în care este focarul acestei lentile, ca sursă punctiformă. Prin reflexie pe cele două oglinzi, imaginile virtuale ale punctului Q se formează în Q_1 și Q_2, fiind echivalente cu două surse virtuale care emit două fascicule coerente; acestea vor interfera. Figura de interferență se poate observa pe un ecran aflat la distanța a față de vârful A al oglinzilor (Fig.1).

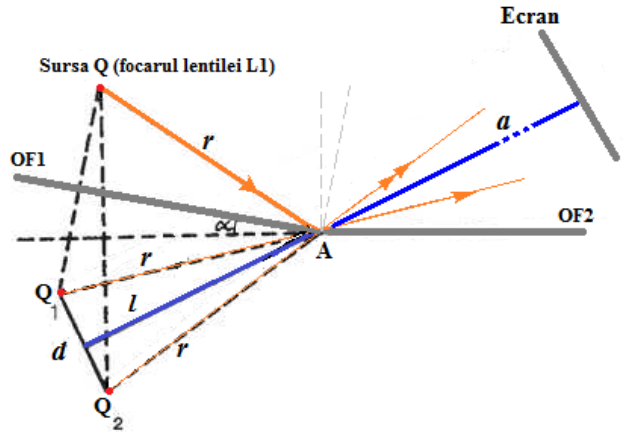


Fig. 1. Q_1, Q_2 imaginile sursei Q în oglinzile Fresnel OF1 și OF2

Cele două surse virtuale Q_1 și Q_2 se află la o mică distanță d între ele. În acest fel, sistemul se poate reduce la un interferometru Young cu două surse virtuale aflate la distanța d, iar distanța dintre sursele virtuale și ecran este $D = l + a$, unde l este distanța de la planul celor două surse virtuale până la vârful oglinzilor, aproximativ aceeași cu distanța de la oricare sursă secundară până la vârful ansamblului oglinzilor Fresnel $l \cong AQ_1 = AQ_2 = r$ (Fig. 1).

În acest caz, pentru o radiație monocromatică cu lungimea de undă λ, interfranja i este:

$$i = \lambda \frac{D}{d} \tag{1}$$

Pentru a determina valoarea distanței d, se folosește o a doua lentilă L2, cu distanța focală f_2, poziționată între oglinzi și ecran. Rolul său este de a forma imaginea clară și distinctă a celor două surse virtuale Q_1 și Q_2 (Fig. 2). În acest caz, considerând Q_1 și Q_2 obiecte, iar Q' și Q'' imaginile lor, aflate la distanța B între ele, vom scrie următoarele relații:

1. formula lentilelor subțiri $$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{x_2} + \frac{1}{x_1}, \tag{2}$$

2. formula măririi imaginii prin lentilă $$\frac{x_1}{x_2} = \frac{d}{B}, \tag{3}$$

Se determină distanțele d și x_1 în funcție de distanțele x_2 și B (care se măsoară) și de distanța focală f_2, care este cunoscută:

$$x_1 = \frac{f_2 \cdot x_2}{x_2 - f_2} \tag{4}$$

$$d = \frac{f_2 \cdot B}{x_2 - f_2} \tag{5}$$

Observație: în aceste relații, toate distanțele se vor considera pozitive.

Am considerat notațiile clasice: x_1 este distanța de la obiect la lentilă și x_2 este distanța de la lentilă până la imaginea obiectului. În acest caz, distanța dintre sursele virtuale și ecranul pe care se formează franjele de interferență este $D = x_1 + x_2$, iar ecuația (1) devine: $i = \lambda \frac{x_1 + x_2}{d}$ (6)

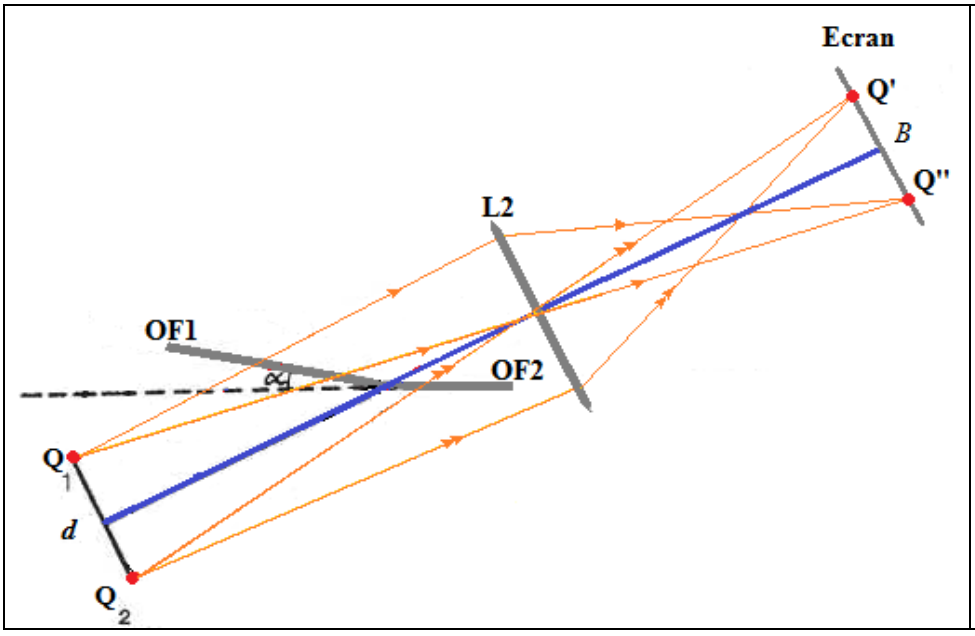


Fig.2. Formarea imaginilor Q', Q'' ale surselor virtuale Q_1, Q_2 prin lentila L2

Pentru calcularea unghiului α se folosește geometria din Fig. 1 unde, pentru α mic (exprimat în radiani!), distanța d dintre Q_1 și Q_2 se scrie

$$d \cong 2 \cdot l \cdot \alpha \tag{7}$$

3. Montajul experimental

Montajul experimental este ilustrat în Fig.3. Pe bancul optic se montează în ordine
1. SL: sursă lumină monocromatică laserul cu HeNe (1mW),
2. L1: lentilă convergentă (distanța focală $f_1 = 20$ mm) pentru expandarea fasciculului,
3. OF: montura cu cele două oglinzi Fresnel, cu muchii paralele, verticale
4. L2: lentilă convergentă (distanța focală $f_2 = 150$ mm) pentru formarea imaginii celor două surse virtuale
5. CCD: camera video (senzor cu 3,2μm/pixel) fixată pe o tijă cu șurub micrometric cu ajutorul căruia se deplasează perpendicular pe bancul optic.

ATENȚIE! NU PRIVIȚI FASCICULUL LASER PE DIRECȚIA ACESTUIA ! EVITAȚI REFLEXIILE ACCIDENTALE!

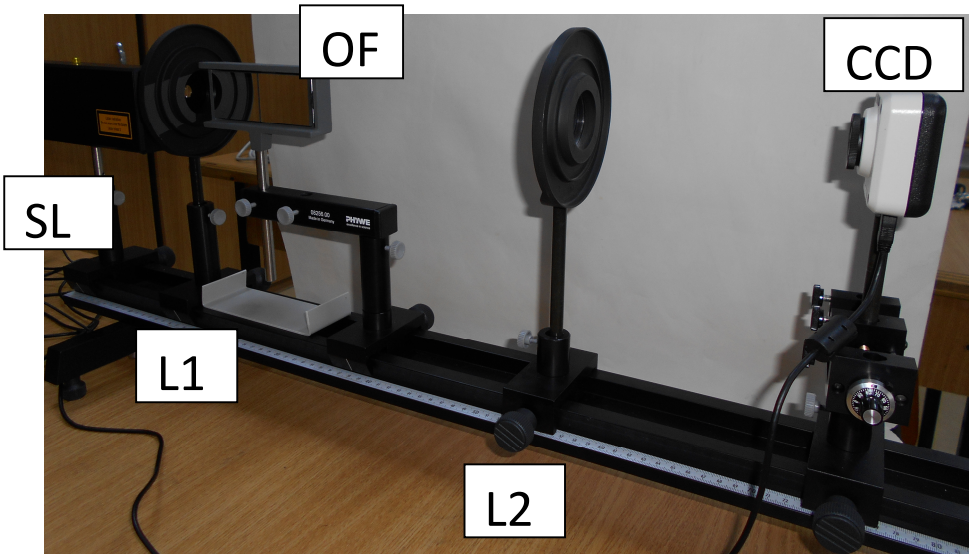
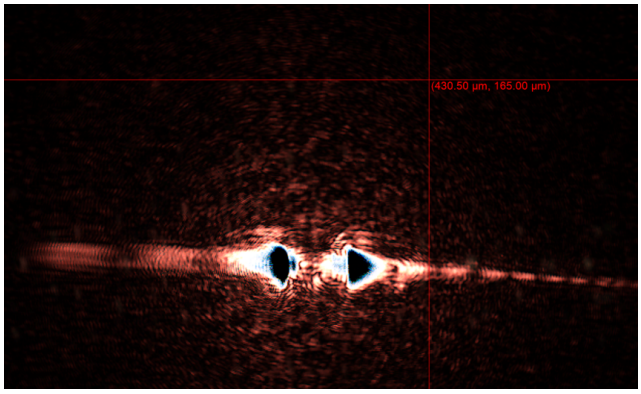


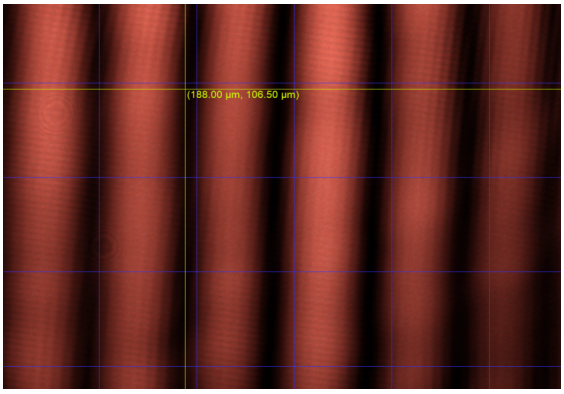
Fig.3. Banc optic, sursă de lumină (SL) monocromatică (laser cu HeNe), lentila convergentă L1, ansamblul oglinzilor Fresnel (OF), lentila convergentă L2, cameră video CCD montată pe o tijă cu șurub micrometric.

4. MODUL DE LUCRU

Se aliniază interferometrul astfel încât fascicolul laser să treacă prin centrul lentilei L1, apoi pe muchia comună a celor două oglinzi, iluminând ambele oglinzi în mod egal. Se deplasează lentila L2 și camera CCD de-a lungul bancului optic până când imaginea clară a celor două spoturi se formează în planul senzorului CCD.



a)



b)

Fig. 4. a) Imaginea celor două spoturi prin lentila L2, b) Franjele de interferență formate prin suprapunerea celor două spoturi (fără lentila L2).

Pe computerul conectat la CCD se apelează softul Motic Images Plus 2.0. Se vor alege pe rând comenzile: ”Capture” din bara orizontală superioară și, în noua fereastră, ”Advance settings” din bara verticală stânga. În fereastra corespunzătoare se vor selecta comenzile ”Grid”, ”Scale”, ”Scale bar”. Prin comanda ”Calibration table” se selecționează opțiunea prin care se atribuie 1μm pe pixel. Se deplasează șurubul micrometric astfel încât imaginea celor două spoturi Q' și Q" să se vadă în mijlocul monitorului (Fig. 4a).

Distanța x_2 dintre lentila L2 și CCD se citește pe rigla gradată atașată bancului optic, atunci când pe monitor se obține imaginea clară a celor două surse virtuale.. Se vor efectua 10 măsurători deplasând CCD de-a lungul bancului optic, scoțând din poziția optimă și apoi revenind la aceasta. În fiecare din aceste poziții în care imaginea surselor virtuale este clară, se va măsura și valorile distanței B dintre acestea pe imaginea de pe monitor. Prin poziționarea mouse-ului în centrul unui spot și click dreapta, vor apărea coordonatele punctului respectiv. Se notează valoarea corespunzătoare abscisei (c_1). Se procedează la fel pentru imaginea celui de al doilea spot (c_2).

Se îndepărtează lentila L2. În planul CCD se vor observa franjele de interferență. Se deplasează CCD din șurubul micrometric, perpendicular pe bancul optic până când imaginea cu franjele paralele echidistante se formează pe senzorul acesteia (Fig. 4b). Se va măsura distanța pe care se întind n=5 franje, citind coordonatele pe orizontală c_{1i} și c_{2i} (de-a lungul unei linii din grid). Se repetă măsurătorile de 10 ori.

Pe rigla gradată atașată pe bancul optic se măsoară distanța, a, dintre muchia comună oglinzilor și CCD.

Datele experimentale se trec într-un tabel de forma celui de mai jos.

TABELUL 1

x_2 (mm)	$\bar{x}_2$ (mm)	$\sigma_{\bar{x}_2}$ (mm)	c_1	c_2	B (μm)	$\bar{B}$ (μm)	$\sigma_{\bar{B}}$ (μm)	c_{1i}	c_{2i}	i (μm)	$\bar{i}$ (μm)	$\sigma_{\bar{i}}$ (μm)	a (mm)
. . . .			. . . .	. . . .				. . .	. . .	. . .			

5. Prelucrarea datelor experimentale

Se vor calcula $B = |c_2 - c_1| \cdot 3{,}2$ și $i = |c_{2i} - c_{1i}| \cdot 3{,}2/n$. Se determină lungimea de undă folosind relația (6) și unghiul dintre cele două oglinzi folosind relația (7), calculând anterior valorile pentru x_1 și d din relațiile (4) și (5), iar $l = x_1 + x_2 - a$.

Se vor calcula valorile medii și abaterea standard a mediei respectând rubricile din TABELUL 1. și utilizând teoria pentru mărimi măsurabile direct, respectiv teoria pentru propagarea erorii

Referatul lucrării va conține următoarele: Tabel de date cu valori obținute experimental și calculate, valori pentru: lungimea de undă și unghiul dintre cele două oglinzi, calculul erorilor.